



TUGAS AKHIR - SF141501

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL COUPLER* KONFIGURASI 2X2 BERBAHAN SERAT OPTIK PLASTIK TIPE FD-620-10 MENGGUNAKAN METODE *HEATING AND PRESSING***

ASTRID DENAYA LESA  
NRP. 01111340000092

Dosen Pembimbing:  
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.  
Sudarsono, S.Si, M.Si.

Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





TUGAS AKHIR - SF141501

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL COUPLER* KONFIGURASI 2X2 BERBAHAN SERAT OPTIK PLASTIK TIPE FD-620-10 MENGGUNAKAN METODE *HEATING AND PRESSING***

ASTRID DENAYA LESA  
NRP. 01111340000092

Dosen Pembimbing:  
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.  
Sudarsono, S.Si, M.Si.

Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**FINAL PROJECT - SF141501**

**FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF  
DIRECTIONAL COUPLER WITH  
CONFIGURATION OF 2X2 PLASTIC TYPE FD-  
620-10 USING HEATING AND PRESSING  
METHOD**

**ASTRID DENAYA LESA  
NRP. 01111340000092**

**Advisor:  
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.  
Sudarsono, S.Si, M.Si.**

**Department of Physics  
Faculty of Natural Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL*  
*COUPLER* KONFIGURASI 2X2 BERBAHAN SERAT  
OPTIK PLASTIK TIPE FD-620-10 MENGGUNAKAN  
METODE *HEATING AND PRESSING***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar

Sarjana Sains

Pada

Bidang Studi Optoelektronika

Program Studi S-1 Departemen Fisika

Fakultas Ilmu Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ASTRID DENAYA LESA**

**NRP. 01111340000092**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**1.Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.**

NIP. 196601021990031001



(.....)

**2.Sudarsono, S.Si, M.Si.**

NIP. 1100201301002



(.....)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL COUPLER* KONFIGURASI 2X2 BERBAHAN SERAT OPTIK PLASTIK TIPE FD-620-10 MENGGUNAKAN METODE *HEATING AND PRESSING***

<b>Nama</b>	<b>: Astrid Denaya Lesa</b>
<b>NRP</b>	<b>: 01111340000092</b>
<b>Departemen</b>	<b>: Fisika, FIA ITS</b>
<b>Pembimbing</b>	<b>: 1. Drs. Gontjang Prajitno, M.Si. 2. Sudarsono, S.Si, M.Si.</b>

**Abstrak**

Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan fabrikasi dan karakterisasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 berbahan serat optik plastik moda jamak tipe FD-620-10. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *heating and pressing* dengan dua jenis bahan cetakan yaitu dari bahan baja dan aluminium. Fabrikasi *directional coupler* dilakukan dengan cara memasukkan dua inti serat optic kedalam cetakan yang telah dipanaskan serta memberikan tekanan pada dua inti serat optic tersebut. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa proses fabrikasi *directional coupler* menggunakan cetakan bahan aluminium membutuhkan waktu lebih singkat dibandingkan dengan cetakan dari bahan baja. Parameter *directional coupler* hasil fabrikasi menunjukkan bahwa cetakan yang terbuat dari aluminium menghasilkan hubungan linier antara panjang interaksi *directional coupler* terhadap parameter fabrikasinya, sebaliknya cetakan *pressing* dari baja menghasilkan hubungan taklinier. Cetakan *pressing* yang terbuat dari baja menghasilkan *directional coupler* yang berfungsi sebagai pembagi berkas dengan proporsi sekitar 50%:50%. Sedangkan *directional coupler* hasil fabrikasi menggunakan cetakan *pressing* yang terbuat dari aluminium sangat tergantung pada parameter fabrikasinya terutama beban penekanan.

Kata kunci: *Directional coupler*, serat optik, *heating and pressing*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



# **FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF DIRECTIONAL COUPLER WITH CONFIGURATION OF 2X2 PLASTIC TYPE FD-620-10 USING HEATING AND PRESSING METHOD**

**Name** : Astrid Denaya Lesa  
**NRP** : 01111340000092  
**Department** : Physics, FIA ITS  
**Advisor** : 1. Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.  
2. Sudarsono, S.Si, M.Si.

## **Abstract**

On this Final Project research it has been done the fabrication and characterization of 2x2 directional coupler configurations made from graded index plastic optical fiber of FD-620-10. The method used in the research is heating and pressing with two kinds of pressing mold made of steel and aluminum. The directional coupler fabrication is done by inserting two optical fiber cores into the heated mold and giving the certain pressure to the two optical fiber cores. The results obtained from this research are, the directional coupler resulted using aluminum pressing mold is faster than the steel pressing. The resultant fabrication directional coupler parameter shows that the pressing mold of aluminium produces a linear relationship between the length of the directional coupler interaction with its fabrication parameters, the pressing mold of steel produces a nonlinear relationship. The pressing mold of steel gives the proportion of directional coupler light output which functions as beam splitter by proportion in the range of 50%: 50%. While the function of directional coupler fabrication result using pressing mold of aluminum is very dependent on the fabrication parameters, especially the emphasis load.

**Key words:** directional coupler, optical fiber, heating and pressing method

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Alhamdulillahirobil'alamiin, Segala Puji Syukur kehadiran ALLAH SWT atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan TUGAS AKHIR dengan Judul :

**“FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL COUPLER* KONFIGURASI 2X2 BERBAHAN SERAT OPTIK PLASTIK TIPE FD-620-10 MENGGUNAKAN METODE *HEATING AND PRESSING*”**

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan Terima Kasih kepada semua pihak atas segala dukungan dan bantuan yang telah diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, diantaranya:

1. Kedua orang tuaku Dr. Ali Yunus Rohedi, M.T. dan Sri Yuliani S.E. atas perhatian, kasih sayang yang tiada hentinya serta dukungan moral dan material yang telah di berikan.
2. Adikku Nadya Permega Yusri yang menghibur ketika proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Reyhan Rahmadhany Soelistya Putra dan keluarga yang selama ini memberi support.
4. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng selaku Kepala Departemen FISIKA FIA-ITS yang telah memberi kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.

5. Bapak Drs. Gontjang Prajitno, M.Si dan Bapak Sudarsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah memberi bimbingan dengan sabar, memantau selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan memberi masukan yang bermanfaat.
6. Bapak Miftahul Ghofar yang selama ini membantu menyediakan fasilitas peralatan di Laboratorium Optoelektronika, Departemen Fisika FIA-ITS.
7. Senior saya Elis Nuraini dan Rachmad Januar yang telah meluangkan waktunya untuk berbagi ilmu.
8. Teman temanku FISIKA Angkatan 2013 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, Terima Kasih atas dukungan, kenangan selama ini.
9. Teman Teman Asisten Fisika Laboratorium yang selama ini memberi hiburan kepada Penulis.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki. Oleh karena itu Penulis membuka diri atas kritik dan saran membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini di masa mendatang dapat bermanfaat bagi perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Aamiin.

Surabaya, Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Serat Optik.....	5
2.1.1 Serat Optik Plastik FD-620-10.....	7
2.2 Pamantulan Dalam Total.....	8
2.3 Persamaan Pandu Gelombang Pada Koordinat Silinder (Serat Optik) .....	13
2.4 <i>Directional Coupler</i> Dua Pandu Gelombang.....	16
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	23
3.1 Alat dan Bahan.....	23
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.3 Tahap Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> .....	24
3.3.1 Menghilangkan bagian Jaket Serat Optik ( <i>Coating</i> ).....	24
3.3.2 Menghilangkan bagian kulit ( <i>Cladding</i> ).....	26
3.3.3 Uji Kerataan.....	28
3.4 Proses Penggandengan.....	30

3.5 Karakterisasi <i>directional coupler</i> .....	32
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	35
4.1 Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> .....	35
4.1.1 Hasil Fabrikasi Metode <i>Heating And Pressing</i> .....	36
4.2 Karakterisasi <i>Directional Coupler</i> menggunakan sensor BF5R-D1-N.....	46
4.2.1 Hasil Karakterisasi <i>Directional coupler</i> .	46
4.3 Pembahasan.....	60
4.3.1 Hubungan suhu dalam cetakan <i>pressing</i> terhadap panjang interaksi <i>directional coupler</i> .....	61
4.3.2 Hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> .....	62
4.3.3 Hubungan intensitas cahaya masukan, keluaran dan balikan.....	64
4.3.4 <i>Coupling ratio</i> (CR), <i>Insertion Loss</i> ( $L_{ins}$ ), <i>Exceess loss</i> ( $L_e$ ).....	66
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	69
<b>LAMPIRAN</b> .....	71
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Spesifikasi BF5R-D1-N.....	33
Tabel 4.1	Besaran fabrikasi <i>directional coupler</i> menggunakan cetakan <i>pressing 1</i> .....	37
Tabel 4.2	Besaran fabrikasi <i>directional coupler</i> menggunakan cetakan <i>pressing 2</i> .....	43
Tabel 4.3	Data hasil karakterisasi <i>directional coupler</i> dengan cetakan <i>pressing 1</i> beban penekan 17,81gr.....	47
Tabel 4.4	Data hasil karakterisasi <i>directional coupler</i> dengan cetakan <i>pressing 2</i> dengan variasi beban penekan.....	49
Tabel 4.5	Karakterisasi <i>directional coupler</i> cetakan <i>pressing 1</i> .....	50
Tabel 4.6	Karakterisasi <i>directional coupler</i> cetakan <i>pressing 2</i> .....	58

(Halaman ini sengaja di kosongkan)



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur dasar penyusun serat optic.....	5
Gambar 2.2	Struktur serat optik multimode <i>step-index</i> dan <i>graded-index</i> beserta profil indeks biasanya.....	6
Gambar 2.3	Ukuran inti dan kulit serat optik dari bahan (a) gelas moda tunggal dan moda jamak (b) POF moda jamak .....	7
Gambar 2.4	Dimensi ukuran kabel duplex pada FD-620-10.....	8
Gambar 2.5	(a) Penjalaran sinar dari medium renggang ke medium rapat, (b) penjalaran sinar dari medium rapat ke medium renggang.....	9
Gambar 2.6	Penjalaran sinar dari udara kedalam serat optik....	11
Gambar 2.7	Kapasitas cahaya pada serat optik dengan NA besar lebih banyak dari pada serat optik dengan NA kecil.....	13
Gambar 2.8	Kopling cahaya dua pandu gelombang planar.....	16
Gambar 2.9	Transfer daya optik antara dua pandu gelombang identik.....	19
Gambar 2.10	<i>Directional coupler</i> struktur simetri 2x2 berbahan serat optik dengan metode <i>fused</i> .....	20
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 3.2	Proses menghilangkan bagian <i>coating</i> .....	25
Gambar 3.3	Hasil menghilangkan bagian <i>coating</i> serat optic..	25
Gambar 3.4	Serat optik yang telah dikupas diberi sinar laser..	26
Gambar 3.5	Hasil pengamatan inti-kulit menggunakan mikroskop.....	26
Gambar 3.6	Proses menghilangkan bagian kulit serat optik.....	27
Gambar 3.7	Serat optik yang telah dihilangkan kulitnya.....	27
Gambar 3.8	Hasil pengamatan inti menggunakan mikroskop..	28
Gambar 3.9	Proses uji kerataan dengan <i>Stereo microscope</i> .....	29
Gambar 3.10	Hasil perbesaran dengan menggunakan <i>stereo microscope</i> .....	29
Gambar 3.11	Perbesaran yang dilakukan dengan sinar laser.....	30

Gambar 3.12	Serat optik yang telah dibungkus menggunakan aluminium foil dan pita kawat.....	31
Gambar 3.13	Proses penggandengan serat optik cetakan <i>pressing</i> (1).....	32
Gambar 3.14	Proses penggandengan serat optik cetakan <i>pressing</i> (2).....	32
Gambar 3.15	Alat BF5R-D1-N .....	33
Gambar 3.16	Proses karakterisasi <i>directional coupler</i> dengan menggunakan BF5R-D1-N.....	34
Gambar 4.1	Regresi hubungan suhu cetakan terhadap panjang kupasan menggunakan model linear.....	38
Gambar 4.2	Regresi hubungan suhu cetakan terhadap panjang kupasan menggunakan model polinomial orde 5.....	38
Gambar 4.3	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C dan lama penekanan 10 menit tanpa aluminium foil dan pita kawat.....	39
Gambar 4.4	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C dan lama penekanan 10 menit.....	39
Gambar 4.5	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C dan lama penekanan 15 menit.....	40
Gambar 4.6	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 250°C dan lama penekanan 10 menit.....	40
Gambar 4.7	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 250°C dan lama penekanan 15 menit.....	40
Gambar 4.8	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 300°C dan lama penekanan 5 menit.....	41
Gambar 4.9	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 300°C dan lama penekanan 2 menit.....	41
Gambar 4.10	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C dan lama penekanan 10 menit.....	41
Gambar 4.11	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C dan lama penekanan 15 menit.....	42
Gambar 4.12	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> dengan dan tanpa menggunakan aluminium foil dan pita kawat.....	42

Gambar 4.13	Hasil pengamatan struktur gandingan (a) dengan menggunakan aluminium foil dan pita kawat (b) tidak menggunakan aluminium foil dan pita kawat	43
Gambar 4.14	Regresi hubungan beban penekan terhadap panjang kupasan dengan model linear .....	44
Gambar 4.15	Regresi hubungan beban penekan terhadap panjang kupasan dengan model polinomial orde 2.....	44
Gambar 4.16	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C, lama pemanasan 5 menit dengan beban penekan sebesar 74,21gr .....	45
Gambar 4.17	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C, lama pemanasan 5 menit dengan beban penekan sebesar 122,78 gr .....	45
Gambar 4.18	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C, lama pemanasan 5 menit dengan beban penekan sebesar 222,51gr.....	45
Gambar 4.19	Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> pada suhu 200°C, lama pemanasan 5 menit dengan beban penekan sebesar 322,14gr.....	46
Gambar 4.20	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> A1 pada suhu <i>hot plate</i> 200°C susunan serat optik saling membelakangi.....	52
Gambar 4.21	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> A2 pada suhu <i>hot plate</i> 200°C susunan serat optik saling membelakangi.....	52
Gambar 4.22	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> B1 pada suhu <i>hot plate</i> 200°C susunan serat optik saling membelakangi.....	53
Gambar 4.23	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> B2 pada suhu <i>hot plate</i> 200°C susunan serat optik saling membelakangi.....	53

Gambar 4.24	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> A1 pada suhu <i>hot plate</i> 250°C susunan serat optik saling membelakangi.....	54
Gambar 4.25	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> A2 pada suhu <i>hot plate</i> 250°C susunan serat optik saling membelakangi.....	54
Gambar 4.26	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> B1 pada suhu <i>hot plate</i> 250°C susunan serat optik saling membelakangi.....	55
Gambar 4.27	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> B2 pada suhu <i>hot plate</i> 250°C susunan serat optik saling membelakangi.....	55
Gambar 4.28	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> A1 pada suhu <i>hot plate</i> 200°C susunan serat optic sejajar.....	56
Gambar 4.29	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> A2 pada suhu <i>hot plate</i> 200°C susunan serat optic sejajar.....	56
Gambar 4.30	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> B1 pada suhu <i>hot plate</i> 200°C susunan serat optic sejajar.....	57
Gambar 4.31	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 1 dengan <i>port input</i> B2 pada suhu <i>hot plate</i> 200°C susunan serat optic sejajar.....	57
Gambar 4.32	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing</i> 2 dengan <i>port</i>	

	<i>input A1 pada suhu hot plate 200°C susunan serat optic sejajar.....</i>	<i>59</i>
Gambar 4.33	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing 2</i> dengan <i>port input A2</i> pada suhu <i>hot plate 200°C</i> susunan serat optic sejajar.....	<i>59</i>
Gambar 4.34	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing 2</i> dengan <i>port input B1</i> pada suhu <i>hot plate 200°C</i> susunan serat optic sejajar.....	<i>60</i>
Gambar 4.35	Grafik hubungan panjang interaksi terhadap <i>coupling ratio</i> hasil cetakan <i>pressing 2</i> dengan <i>port input B2</i> pada suhu <i>hot plate 200°C</i> susunan serat optic sejajar.....	<i>60</i>

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR LAMPIRAN

A. Variasi beban penekan yang digunakan pada cetakan <i>pressing</i> 1 dan cetakan <i>pressing</i> 2.....	71
B. Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> cetakan <i>pressing</i> 1 dengan beban 17,81gr yang diberi sinar .....	72
C. Hasil fabrikasi <i>directional coupler</i> cetakan <i>pressing</i> 2 dengan variasi beban yang diberi sinar .....	73
D. Data Sheet FD-620-10.....	74
E. Data Sheet BF5R-D1-N.....	75

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Serat optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya yang lazim diaplikasikan sebagai sensor untuk pengukuran berbagai besaran fisis, antara lain pergeseran, tekanan, suhu, laju aliran fluida, kelembaban, medan listrik, medan magnet, konsentrasi suatu zat dan larutan, serta analisis kimia. Serat optik pada awalnya dikembangkan sebagai media transmisi informasi pada sistem komunikasi optik, yang menyediakan kapasitas jauh lebih besar dibandingkan sistem komunikasi baik yang serat optik sebagai sensor pengukuran adalah tidak kontak langsung dengan obyek pengukuran, tidak menggunakan arus listrik sehingga tidak menimbulkan percikan api maupun ledakan, relatif kebal terhadap induksi listrik maupun magnet, dapat dihubungkan dengan sistem komunikasi data melalui perangkat antar muka (*interface*), dimensinya yang kecil dan ringan sehingga memudahkan dalam penginstalannya, dapat dimonitor jarak jauh dan hasil pengukuran memiliki akurasi yang cukup tinggi (dalam orde panjang gelombang cahaya yang digunakan). (Januar, 2016)

Kini serat optik tidak hanya dimanfaatkan untuk mentransmisikan informasi, namun dapat menjadi piranti optik dengan fungsi yang lebih luas. Piranti optik ini dapat berbentuk *coupler* dengan berbagai macam variasinya. Disamping sebagai piranti optik, *coupler* khususnya *directional coupler* dari bahan serat optik moda tunggal (*single-mode*) dan moda jamak (*multi-mode*) dapat dimanfaatkan sebagai sensor. *Coupler* merupakan piranti optik pasif yang berfungsi sebagai penggabung dan pembagi sinyal pada dua panjang gelombang berbeda atau lebih.

Teknik pembuatan *directional coupler* belakangan ini berkembang ke arah pemanfaatan serat optik. Terdapat banyak metode pembuatan *directional coupler* berbahan serat optik plastik. Salah satunya adalah metode *fused coupler*. Proses pembuatannya cukup sederhana, dimana dua serat optik

didekatkan dan ditempelkan hingga membentuk gandengan serat dengan panjang interaksi tertentu. Fabrikasi *Directional Coupler* konfigurasi 2x2 banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Diantaranya, *directional coupler* dari bahan serat optik plastik moda jamak tipe FD-320-05 telah dilakukan dengan metode *Fused Biconical Tapered* yang digunakan untuk pembagi daya. *Directional coupler* yang dihasilkan memiliki *coupling ratio* 0.31 pada panjang kopling (*coupling length*) serat optik 25mm (Supadi,2006). Penelitian berikutnya menggunakan bahan serat optik tipe FD-620-10 dengan panjang kopling lebih besar dari 25mm dan *coupling ratio* 0.49 yang sesuai dengan piranti pembagi daya (Hariyanto,2011).

Pada penelitian ini *directional coupler* konfigurasi 2x2 difabrikasi dari bahan serat optik plastik *step index* moda jamak tipe FD-620-10. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *heating and pressing*, yaitu metode penggandengan dua serat optik melalui proses pemanasan yang disertai penekanan. Pada proses fabrikasi *directional coupler* dilakukan variasi pada panjang kupasan, waktu *pressing*, pembebanan pada proses *pressing*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah bagaimana cara memfabrikasi *Directional Coupler* dari serat optik plastik *step index* moda jamak (*multi-mode*) tipe FD-620-10 dengan metode *heating and pressing* menggunakan dua jenis cetakan. Serta bagaimana cara mengkarakterisasi serat optik hasil fabrikasi sehingga diperoleh nilai *coupling ratio* (CR), *insertion loss* (Lins) dan *excess loss* (Le).

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk memfabrikasi *Directional Coupler* dari serat optik plastik *step index* moda jamak tipe FD-620-10 dengan metode *Heating and Pressing*

menggunakan dua jenis cetakan. Serta untuk mengetahui karakteristik *Directional Coupler* hasil fabrikasi dengan menggunakan peralatan karakterisasi BF5R-D1-N, sehingga diperoleh nilai *coupling ratio* (CR), *insertion loss* (Lins) dan *excess loss* (Le).

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dari penelitian Tugas Akhir ini antara lain adalah:

1. Fabrikasi *Directional Coupler* konfigurasi 2x2 dari serat optik plastik *step index* moda jamak (*multi-mode*) tipe FD-620-10 menggunakan metode *Heating and Pressing* dengan cetakan *pressing* (1) terbuat dari bahan baja sepanjang 35mm dan cetakan *pressing* (2) terbuat dari aluminium sepanjang 16mm.

2. Karakterisasi *Directional Coupler* konfigurasi 2x2 dilakukan menggunakan sensor BF5R-D1-N buatan *Autonics*, yang merupakan sensor khusus untuk menganalisis daya keluaran yang diterima dari serat optik. Sumber yang digunakan adalah sensor (BF5R-D1-N) yang disambungkan ke *power supply*. Sensor ini memiliki lubang masukan berupa cahaya merah (660nm) dan lubang keluaran berupa foto detektor untuk mengukur intensitas keluaran pada port sehingga diperoleh *coupling ratio* (CR), *insertion loss* (Lins) dan *excess loss* (Le).

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian dalam Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat, diantaranya hasil fabrikasi dan karakterisasi *Directional Coupler* konfigurasi 2x2 dapat digunakan sebagai piranti pembagi berkas (*Beam Splitter*).

#### 1.6 Sistematika Penulisan

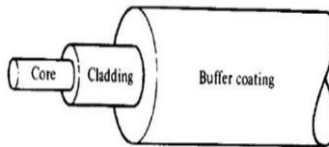
Sistematika penulisan proposal Tugas Akhir ini tersusun atas beberapa bab, yaitu:

1. Bab I Pendahuluan, berisi tentang latar belakang dan permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka, berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian yang dapat menunjang analisa hasil penelitian.
3. Bab III Metodologi Penelitian, berisi tentang peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta uraian lengkap tahapan penelitian.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan, berisi data hasil fabrikasi dan karakterisasi yang dilakukan serta analisis dan pembahasan
5. Bab V Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, beserta saran-saran untuk ditindaklanjuti pada penelitian selanjutnya.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Serat Optik

Serat optik merupakan struktur pandu gelombang dielektrik berbentuk silinder yang berfungsi sebagai media transmisi gelombang cahaya. Bahan dielektrik yang lazim digunakan adalah plastik dan silika. Pada umumnya serat optik tersusun atas tiga bagian, yaitu inti (*core*), kulit (*cladding*), dan jaket (*coating*). Bagian inti berfungsi sebagai media cahaya ditransmisikan, kulit adalah bagian yang menyelimuti inti, sedangkan jaket adalah bagian terluar dari serat optik yang berfungsi sebagai pelindung bagian di dalamnya. Jaket umumnya terbuat dari plastik yang sifatnya elastis. Indeks bias inti lebih besar dari pada indeks bias kulit. Hal ini dimaksudkan supaya berkas cahaya yang masuk ke dalam daerah inti mengalami pemantulan dalam total di perbatasan inti-kulit sedemikian sehingga dapat terpandu sepanjang serat optik. Struktur dasar dari bagian-bagian penyusun serat optik tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.1 (Keiser,1991).

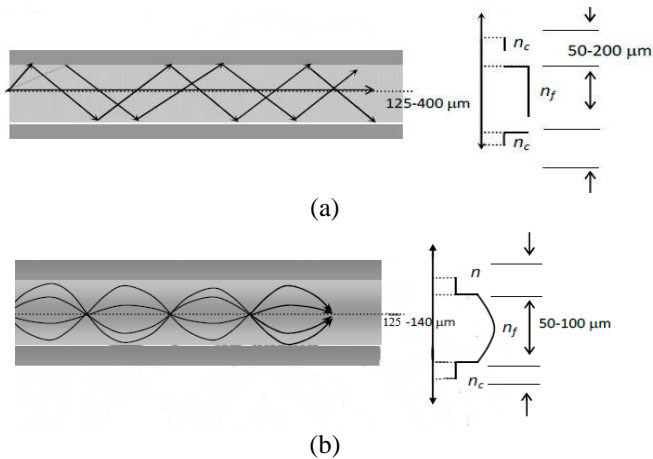


Gambar 2.1 Struktur dasar penyusun serat optik (Keiser, 1991)

Serat optik terbagi menjadi beberapa jenis, antara lain berdasarkan struktur dan sifat transmisinya, serta berdasarkan penjararan gelombangnya di dalam inti (Keiser,1991), (Suematzu,1982). Berdasarkan struktur dan sifat transmisinya, serat optik diklasifikasikan atas serat optik moda tunggal (*single-mode*) dan serat optik moda jamak (*multi-mode*). Serat optik moda tunggal hanya memandukan satu moda gelombang, sedangkan serat optik moda jamak dapat memandu lebih dari satu moda

gelombang. Berdasarkan struktur indeks bias bagian inti, serat optik diklasifikasikan atas serat optik *step-index* dan serat optik *graded-index*. Serat optik *step index* merupakan serat optik yang indeks bias intinya bersifat homogen serta memiliki perbedaan indeks bias yang mencolok terhadap bagian kulitnya. Sedangkan pada serat optik *graded index*, indeks bias bagian pusat inti adalah paling besar dan menurun secara perlahan (*gradually*) semakin ke arah perbatasan inti-kulit.

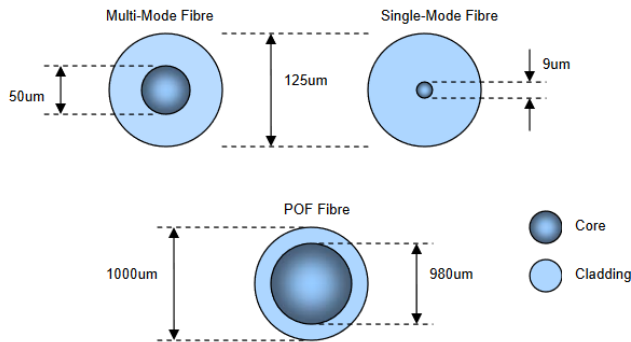
Proses pentransmisian cahaya di dalam inti didasarkan pada prinsip pemantulan dalam total (Leno dan Frank, 1993). Selisih indeks bias antara inti dan kulit didefinisikan sebagai fraksi indeks bias. Perbandingan struktur serat optik baik untuk serat optik *step index* dan *graded index*, serta profil indeks biasnya dapat diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 (a) Struktur serat optik *step index* moda jamak, (b) Serat optik *graded index* beserta profil indeks biasnya.

Secara umum, serat optik terbuat dari bahan gelas (*silica*) atau plastik. Ukuran inti dan kulit untuk serat optik moda tunggal dan

moda jamak dari bahan gelas diperlihatkan Gambar 2.3. Untuk serat optik dari bahan plastik atau POF (*Plastic Optical Fiber*) umumnya bersifat moda jamak dengan ukuran inti dan kulit berbeda dengan serat optik dari bahan gelas. POF mempunyai ukuran inti jauh lebih besar dari kulitnya, terutama untuk POF dengan inti berdiameter besar (Samian,2008). Perbedaan ukuran inti dan kulit antara serat optik dari bahan gelas dan POF diperlihatkan pada Gambar 2.3.

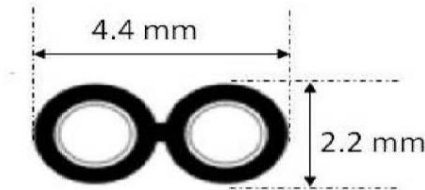


Gambar 2.3 Ukuran inti dan kulit serat optik dari bahan (a) Serat optik dari bahan gelas moda tunggal dan moda jamak (b) POF moda jamak

### 2.1.1 Serat Optik Plastik FD-620-10

Serat optik plastik FD-620-10 merupakan serat optik jenis kabel *duplex* dengan sebuah inti pada setiap ulirnya. Kabel duplex ini buatan *Autonics* yang didesain dengan inti berindeks bias lebih tinggi dibandingkan kulitnya. Pada Gambar 2.4 ditunjukkan ukuran kabel *duplex* pada FD-620-10. Berkas cahaya pada satu sisi akan terpandu hingga ke sisi lainnya melalui proses pemantulan dalam total pada setiap perbatasan inti-kulit. Pada serat optik FD-620-10 sudut keluaran cahaya adalah  $60^\circ$  dengan bentuk seperti kerucut. Bahan inti dan kulit serat optik FD-620-10 terbuat dari

resin sintetik *poly acrylic*, sedangkan jaket pelindungnya terbuat dari karet silikon atau *vinly chloride*. Salah satu contoh serat optik yang dibuat dari *plexy glass* pada suhu sekitar  $105^{\circ}\text{C}$  menghasilkan indeks bias inti 1.492 dan indeks bias kulit 1.42, yang bersesuaian dengan *numerical aperture*  $\text{NA}=0.5$ . Standar fabrikasi serat optik plastik memiliki ukuran inti  $980\mu\text{m}$  dan ukuran keseluruhan beserta jaket pelindungnya adalah 2.2mm (Maulana,2017).



Gambar 2.4 Dimensi ukuran kabel duplex pada FD-620-10

## 2.2 Pamantulan Dalam Total

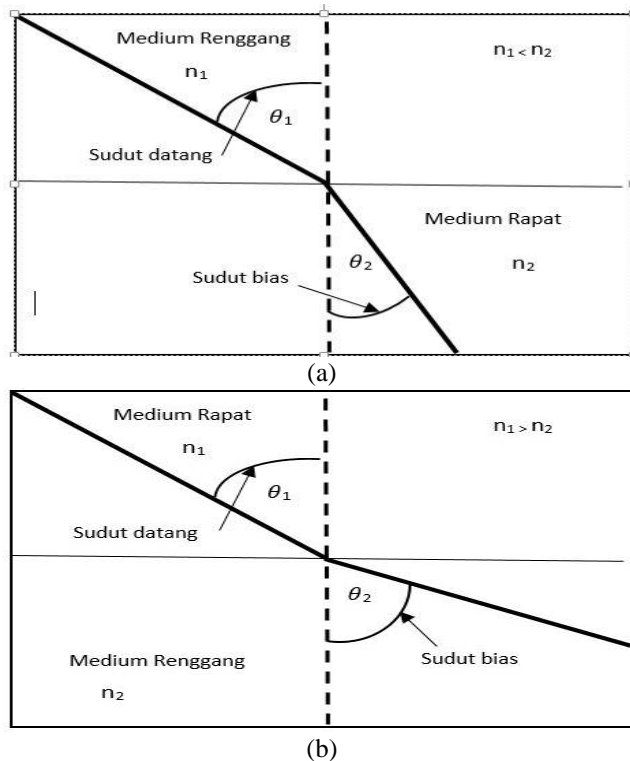
Cahaya dalam ruang hampa memiliki kecepatan  $3 \times 10^8$  m/s (Powers,1997). Di dalam suatu medium, cahaya mengalami perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh tingkat kerapatan medium. Propagasi cahaya di dalam serat optik terjadi karena pemantulan dalam total sinar optik pada perbatasan inti-kulit akibat perbedaan indeks bias antar keduanya. Perbedaan indeks bias pada medium dielektrik menyebabkan adanya medium rapat dan renggang. Kecepatan cahaya di dalam medium rapat adalah lebih rendah daripada di dalam medium renggang (Widodo, 1995). Indeks bias medium ( $n$ ) didapatkan dari Persamaan 2.1.

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.1)$$

dengan  $c$  adalah kecepatan cahaya di ruang hampa, sedangkan  $v$  adalah kecepatan cahaya di dalam medium. Oleh karena  $v < c$  maka nilai indeks bias medium  $n$  selalu lebih besar dari 1.



Mekanisme pemanduan gelombang cahaya di dalam serat optik didasarkan pada prinsip pemantulan dalam total pada bidang batas inti-kulit adalah sesuai hukum Snellius. Namun untuk memudahkan pemahaman mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik *step index* lazim digunakan teori sinar seperti diperlihatkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 (a) Penjalaran sinar dari medium renggang ke medium rapat, (b) penjalaran sinar dari medium rapat ke medium renggang.

Menurut teori sinar optik, lintasan cahaya yang melalui dua medium berbeda, yaitu datang dari medium pertama yang

berindeks bias  $n_1$  menuju medium kedua yang berindeks bias  $n_2$  akan mengalami pembiasan sebesar sudut tertentu, yang dijelaskan berdasarkan persamaan Snellius (Abramczyk,2008):

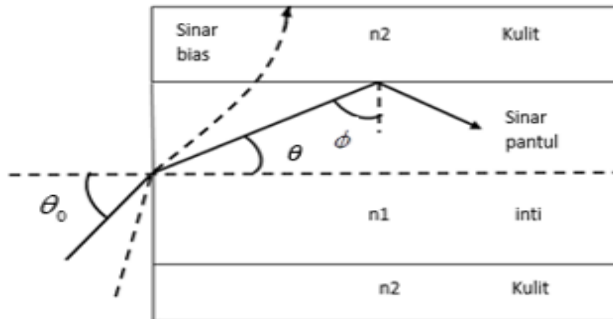
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 , \quad (2.2)$$

dengan sudut datang  $\theta_1$  dan sudut bias  $\theta_2$  masing-masing dihitung terhadap normal, yaitu garis yang tegak lurus terhadap bidang batas kedua medium. Penjalaran sinar pada dua medium ini dibedakan atas dua kasus. Kasus pertama, apabila cahaya datang dari medium renggang menuju medium rapat ( $n_1 < n_2$ ), maka sinar yang datang dengan sudut  $\theta_1$  akan dibiaskan mendekati normal dengan sudut bias  $\theta_2$ , dalam hal ini  $\theta_2 < \theta_1$ . Kasus kedua, apabila medium datang dari medium rapat menuju medium renggang ( $n_1 > n_2$ ), maka sinar yang datang dengan sudut  $\theta_1$  akan dibiaskan menjauhi normal dengan sudut bias  $\theta_2$ , dalam hal ini  $\theta_2 > \theta_1$ . Pada kasus kedua ini, apabila sudut sinar datang  $\theta_1$  terus diperbesar hingga suatu nilai yang dinamakan sudut datang kritis ( $\theta_c$ ) akan menyebabkan sudut bias  $\theta_2$  sebesar  $90^\circ$ . Nilai sudut kritis tersebut dapat diperoleh dari persamaan Snellius dalam Persamaan 2.2, yaitu:

$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \quad (2.3)$$

Selanjutnya, apabila sudut datang  $\theta_1$  lebih besar dari sudut datang kritis  $\theta_c$ , maka sinar cahaya tidak diteruskan pada medium kedua, melainkan dipantulkan kembali ke dalam medium pertama. Fenomena ini dikenal dengan pemantulan dalam total pada cahaya yang melalui perbatasan dua medium berbeda (Abramczyk,2008).

Teori penjalaran sinar cahaya pada kedua kasus tersebut selanjutnya diterapkan untuk mendiskripsikan mekanisme pemanduan gelombang cahaya di dalam serat optik. Gambar 2.6 merupakan proses penjalaran sinar masukan yang datang dari medium udara ke dalam serat optik.



Gambar 2.6 Penjalaran sinar dari udara kedalam serat optik

Merujuk pada Gambar 2.6, sinar datang dari udara (indeks bias udara  $n=1$ ) menuju perbatasan daerah inti serat optik (indeks bias inti :  $n_1$ ). Apabila sinar datang pada sudut  $\theta_0$  yang besar maka akan diteruskan ke daerah kulit. Namun bila sudut datang tersebut diperkecil Persamaan 2.2, yaitu

$$\sin \theta_0 = n_1 \sin \theta \quad (2.4)$$

Sinar yang dibiaskan dari perbatasan maka akan diteruskan ke daerah kulit setelah menumbuk perbatasan inti-kulit. Penjelasan akan hal ini dapat dirunut dari hubungan antara sudut datang dari udara dan sudut biasnya terhadap normal bidang batas udara-inti berdasarkan hukum Snellius dalam udara-inti serat optik tersebut selanjutnya menjalar menuju perbatasan inti-kulit dengan sudut datang  $\phi = 90^\circ - \theta$  terhadap normal. Proses pemanduan cahaya di dalam serat optik terjadi bila sinar yang datang menuju perbatasan inti-kulit terpantul kembali ke daerah inti karena pemantulan dalam total. Besar sudut  $\phi$  menjadi penentu terjadinya proses pemantulan dalam total tersebut. Sinar yang datang dari udara pada sudut datang maksimum  $\theta_{0\max}$  dibiaskan ke daerah inti pada sudut bias  $\theta_c$ . Sinar bias ini selanjutnya menjalar menuju perbatasan inti-kulit pada suatu sudut datang kritis  $\phi_c$  dan dibiaskan pada tepat pada bidang batasnya yaitu pada sudut bias  $90^\circ$  terhadap normal bidang

batas. Menurut hukum Snellius hal ini bersesuaian dengan  $n_1 \sin(\phi_c) = n_2 \sin(90^\circ)$  atau  $n_1 \sin(90^\circ - \theta_c) = n_2 \sin(90^\circ)$ , yang selanjutnya memberikan  $\cos \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ . Pemantulan dalam total

terjadi jika  $\phi > \phi_c$  yang bersesuaian dengan sudut datang sinar di udara  $\theta_0 < \theta_{0\max}$ . Besar sudut  $\theta_{0\max}$  ditentukan oleh  $\sin \theta_c$  yang diperoleh dari nilai  $\cos \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ , yaitu

$$\sin \theta_c = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1} \quad (2.5)$$

Substitusi Persamaan 2.5 ke dalam Persamaan 2.4 untuk  $\theta_0 = \theta_{0\max}$  dan  $\theta = \theta_c$  memberikan hubungan,

$$\sin \theta_{0\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.6)$$

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai  $\theta_{0\max}$  merupakan sudut kritis masukan sinar di udara terhadap normal bidang batas udara-kulit yang menyebabkan sinar dibiaskan tepat pada bidang batas inti-kulit. Sehingga apabila sudut datang sinar masukan di udara tersebut diperkecil ( $\theta_0 < \theta_{0\max}$ ), maka sinar akan dipantulkan dari bidang batas inti-kulit menuju daerah inti yang selanjutnya menjadi dasar dari pemanduan gelombang cahaya di dalam inti serat optik.

Persamaan 2.6 menunjukkan hubungan antara sudut masukan sinar dengan indeks bias ketiga medium yang berinteraksi. Hubungan tersebut lasim dinyatakan dengan NA (*Numerical Aperture*). Nilai NA serat optik terdefinisi sebagai berikut:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.7)$$

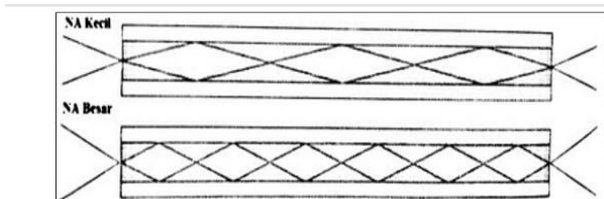
Perbedaan indeks bias antara inti dan kulit ( $\Delta$ ) didefinisikan sebagai fraksi indeks bias:

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2.8)$$

Selisih nilai  $n_1$  dan  $n_2$  sangat kecil, sehingga nilai  $\Delta$  juga kecil. Untuk nilai  $\Delta < 1$ , disebut dengan istilah pemanduan lemah (Powers, 1997). Nilai  $\Delta$  untuk serat optik moda jamak berkisar 1% sampai 3 %, sedangkan untuk serat optik moda tunggal berkisar 0.2% sampai 1% (Keiser, 1991). Dengan demikian bentuk Persamaan 2.7 dapat ditulis menjadi:

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (2.9)$$

Dari Persamaan (2.9) didapatkan bahwa nilai NA tidak bergantung pada ukuran dari serat optik, tetapi hanya bergantung pada indeks bias ketiga medium. Nilai NA untuk serat optik *step index* berkisar antara 0.2 hingga 0.5, sedangkan pada serat optik *graded index* berada di sekitar 0.2 (Hoss, 1993). Pada serat optik *step index* moda jamak dari bahan plastik dengan inti berdiameter besar, nilai NA antara 0.3 sampai 0.5 (Krohn, 2000). Nilai NA besar dan NA kecil pada serat optik ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kapasitas cahaya pada serat optik dengan NA besar lebih banyak dari pada serat optik dengan NA kecil (Saleh, 2007)

### 2.3 Persamaan Pandu Gelombang Pada Koordinat Silinder (Serat Optik)

Untuk menganalisis pandu gelombang optik dibutuhkan perangkat persamaan Maxwell yang memberikan hubungan antara medan listrik dan medan magnet. Dengan mengasumsikan sebuah bahan dielektrik bersifat isotropik dan linear, serta tidak memiliki arus dan muatan bebas, maka bentuk seperangkat persamaan maxwell yang dimaksudkan adalah dalam bentuk:

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.10)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (2.11)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = 0 \quad (2.12)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2.13)$$

dengan  $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$  dan  $\vec{B} = \mu \vec{H}$ . Parameter  $\epsilon$  adalah permitivitas medium atau konstanta dielektrik, sedangkan  $\mu$  adalah permeabilitas medium (Keiser, 1991).

Persamaan 2.10 dan 2.11 menunjukkan bahwa antara medan listrik  $\vec{E}$  dan medan magnet  $\vec{H}$  saling terkopel satu sama lain. Dengan menerapkan operasi curl pada Persamaan 2.10 dan menggunakan Persamaan 2.11 dihasilkan:

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{E}) = -\mu \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \vec{H}) = -\mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (2.14)$$

Selanjutnya menerapkan identitas vektor  $\nabla \times (\nabla \times \vec{A}) = \nabla (\nabla \cdot \vec{A}) - \nabla^2 \vec{A}$  terhadap ruas kiri Persamaan 2.14, maka:

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{E}) = \nabla (\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} \quad (2.15)$$

Dan dengan menggunakan Persamaan 2.12 bahwa  $\nabla \cdot \vec{E} = 0$ , maka Persamaan 2.14 menjadi

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad (2.16)$$

Dengan cara yang sama, dengan menerapkan operasi curl pada Persamaan 2.11 didapatkan:

$$\nabla^2 \vec{H} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0 \quad (2.17)$$

Selanjutnya Persamaan 2.16 dan 2.17 disebut persamaan gelombang (Keiser,1991)

Bahan penyusun pandu gelombang optik biasanya berupa bahan dielektrik yang bersifat *non magnetic*, sehingga permeabilitasnya sama dengan permeabilitas di ruang hampa, yaitu  $\mu = \mu_0$ . Dengan memanfaatkan hubungan permitivitas listrik  $\epsilon = \epsilon_0 n^2$ , maka Persamaan 2.16 dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu_0 \epsilon_0 n^2 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad (2.18)$$

Karena kecepatan cahaya di dalam medium dinyatakan sebagai  $v = \frac{c}{n}$ , dengan  $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ , maka Persamaan 2.18 dapat ditulis sebagai:

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{n^2}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad (2.19)$$

Dan Persamaan 2.17 dapat ditulis sebagai:

$$\nabla^2 \vec{H} - \frac{n^2}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0 \quad (2.20)$$

Persamaan 2.19 dan 2.20 menunjukkan bahwa medan listrik  $\vec{E}$  dan medan magnet  $\vec{H}$  tidak saling terkopel satu sama lain (Lee,1986).

Secara umum Persamaan 2.19 dan 2.20 dapat ditulis dalam persamaan:

$$\nabla^2 \Psi - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0 \quad (2.21)$$

Fungsi gelombang  $\Psi$  merepresentasikan medan harmonik  $\vec{E}$  dan  $\vec{H}$  yang tidak saling terkopel. Jika  $\Psi = U e^{-i\omega t}$  maka dari Persamaan 2.21 diperoleh:

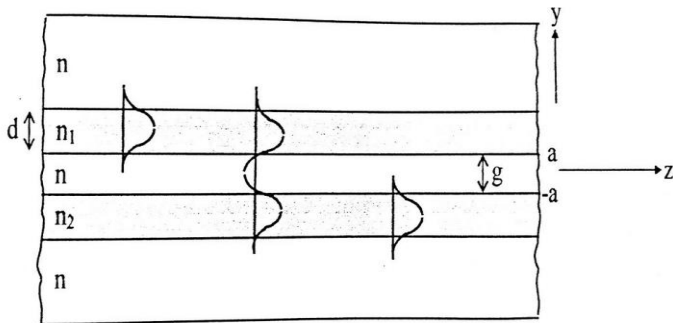
$$\nabla^2 U + n^2 \left( \frac{\omega}{c} \right)^2 U = 0 \quad (2.22)$$

$$\nabla^2 U + k^2 U = 0 \quad (2.23)$$

dengan  $k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda}$  yang merupakan konstanta propagasi. Dari hubungan  $v = \frac{c}{n}$  maka diperoleh  $k = nk_0$ , dengan indeks 0 menunjukkan medium hampa (vakum). Selanjutnya Persamaan 2.23 ini disebut sebagai persamaan Helmholtz (Saleh,2007).

## 2.4 Directional Coupler Dua Pandu Gelombang

Jika dua pandu gelombang berada pada jarak yang sedemikian dekat, maka cahaya terpandu dari salah satu pandu gelombang dapat terkopel pada pandu gelombang lainnya. Dengan kata lain, terjadi proses transfer daya optik antar pandu gelombang. Untuk kasus *coupling* antara dua pandu gelombang yang sejajar di ilustrasikan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kopling cahaya dua pandu gelombang planar (Saleh,1991)

Analisa secara eksak dari proses pengkopelan cahaya pada pandu gelombang sangatlah sulit, tetapi untuk kopling lemah, penggunaan teori moda terkopel masih memadai. Teori moda terkopel digunakan dengan asumsi bahwa moda pada masing masing pandu gelombang sebelum terkopel (salah satu pandu gelombang belum ada) adalah sama. Medan listrik sebelum



terkopel pada pandu gelombang 1 dan pandu gelombang 2 ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$E_1(y,z)=a_1u_1(y)e^{-j\beta_1z} \quad (2.24)$$

$$E_2(y,z)=a_2u_2(y)e^{-j\beta_2z} \quad (2.25)$$

dengan indeks 1 dan 2 masing masing menyatakan pandu gelombang 1 dan 2, sedangkan  $a$ ,  $u(y)$  dan  $\beta$  masing masing menyatakan moda amplitudo, fungsi distribusi medan transversal dan konstanta propagasi gelombang pada arah  $z$ . Sebelum terkopel,  $a_1$  dan  $a_2$  adalah konstan. Saat terjadi kopel,  $a_1$  dan  $a_2$  berubah menjadi fungsi  $z$  yang ditulis  $a_1(z)$  dan  $a_2(z)$ , sedangkan  $u_1(y)$ ,  $u_2(y)$ ,  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  tidak berubah.

Proses kopling dianggap sebagai efek hamburan, dalam arti bahwa medan pada pandu gelombang 1 merupakan hamburan medan dari pandu gelombang 2, demikian pula sebaliknya. Analisis saling interaksi antara duapandu gelombang tersebut merujuk pada dua persamaan diferensial orde satu yang saling terkopel dengan perubahan terjadi pada amplitudo  $a_1(z)$  dan  $a_2(z)$ . Kedua persamaan diferensial terkopel tersebut adalah sebagai berikut:

$$\frac{da_1(z)}{dz} = -jK_{21}a_2(z) e^{j\Delta\beta z} \quad (2.26)$$

$$\frac{da_2(z)}{dz} = -jK_{12}a_1(z) e^{j\Delta\beta z} \quad (2.27)$$

dengan :

$$\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2 \quad (2.28)$$

$$K_{21} = \frac{1}{2} (n_2^2 - n_1^2) \frac{K_o^2}{\beta_1} \int_a^{a+d} u_1(y)u_2(y) dy \quad (2.29)$$

$$K_{12} = \frac{1}{2} (n_1^2 - n_2^2) \frac{K_o^2}{\beta_1} \int_{-a-d}^{-a} u_2(y)u_1(y) dy \quad (2.30)$$

Persamaan 2.26 dan 2.27 adalah persamaan moda terkopel, sedangkan  $K_{21}$  dan  $K_{12}$  adalah koefisien kopling. Dengan asumsi bahwa amplitudo cahaya masukan pada pandu gelombang 1 adalah  $a_1(0)$  dan pada pandu gelombang 2 tidak ada cahaya yang masuk

atau  $a_2(0)=0$ , maka solusi bagi  $a_1(z)$  dan  $a_2(z)$  pada persamaan moda terkopel adalah dalam bentuk:

$$a_1(z) = a_1(0) e^{j \frac{\Delta\beta z}{2}} \left[ \cos \gamma - j \frac{\Delta\beta z}{2\gamma} \sin \gamma z \right] \quad (2.31)$$

$$a_2(z) = a_1(0) \frac{K_{12}}{j\gamma} e^{-j \frac{\Delta\beta z}{2}} \sin \gamma z \quad (2.32)$$

dengan:  $\gamma^2 = \left[ \frac{\Delta\beta^2}{2} \right] + K_{21}K_{12}$ .

Daya optik pada kedua pandu gelombang adalah sebagai berikut:

$$P_1(z) = P_2(0) \left[ \cos^2 \gamma z \left[ \frac{\Delta\beta}{2\gamma} \right]^2 \sin^2 \gamma z \right] \quad (2.33)$$

$$P_2(z) = P_1(0) \frac{|K_{12}|^2}{\gamma^2} \sin^2 \gamma z \quad (2.34)$$

Persamaan 2.33 dan 2.34 memperlihatkan bahwa daya optik berubah secara periodik diantara kedua pandu gelombang dengan periode sebesar  $2\pi/\gamma$  (Saleh,1991). Jika kedua pandu gelombang identik dan mempunyai koefisien atenuasi yang sama yaitu  $\alpha$ , maka dapat didefinisikan  $\beta = \beta_r - j\alpha/2$  dengan  $\beta = \beta_1 = \beta_2$  dan  $\beta_r$  adalah bagian real, akibatnya  $\Delta\beta=0$ . Demikian pula dengan koefisien kopling  $K_{12}=K_{21}= -jK$  dengan  $K$  adalah bagian real (Hunsperger,1985).

Kemudian amplitudo dituliskan dengan  $a_1(z)=A_1(z) e^{-j\beta z}$  dan  $a_2(z)=A_2(z) e^{-j\beta z}$  (Tamir,1990), sehingga Persamaan 2.31 dan 2.32 akan terbentuk sebagai berikut:

$$A_1(z) = A_1(0) e^{j\beta z} \cos(Kz) \quad (2.35)$$

$$A_2(z) = A_1(0) e^{j\beta z} \sin(Kz) \quad (2.36)$$

Akibatnya, daya optik pada kedua pandu gelombang berbentuk

$$P_1(z) = P_0(0) e^{-\alpha z} \cos^2(Kz) \quad (2.37)$$

$$P_2(z) = P_0(0) e^{-\alpha z} \sin^2(Kz) \quad (2.38)$$

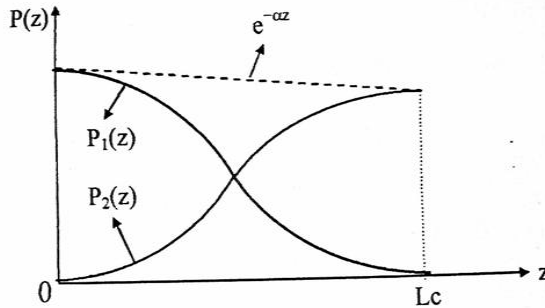
Persamaan 2.37 dan 2.38 memperlihatkan bahwa untuk  $Kz = \left(m + \frac{1}{2}\right)\pi$  dengan  $m=0,1,2\dots$  terjadi transfer daya secara penuh dari pandu gelombang 1 ke pandu gelombang 2. Transfer daya secara penuh terjadi pada panjang lintasan  $z=L_c$  yang memenuhi persamaan berikut:

$$L_c = \frac{(m+1/2)\pi}{K} \quad (2.39)$$

$L_c$  disebut panjang kopling, sedangkan nilai koefisien kopling ( $K$ ) ditunjukkan oleh persamaan berikut

$$K = \frac{2k_T^2 \gamma e^{-\gamma g}}{\beta d(k_T^2 + \gamma^2)} \quad (2.40)$$

dengan  $\beta$  dan  $k_T$  masing-masing adalah komponen longitudinal dan transversal dari tetapan propagasi,  $\gamma$  adalah tetapan peluruhan cahaya ter-evanescent,  $d$  adalah lebar pandu gelombang dan  $g$  adalah lebar gap antar kedua pandu gelombang. Transfer daya optik antara kedua pandu gelombang yang identik diperlihatkan pada Gambar 2.9.



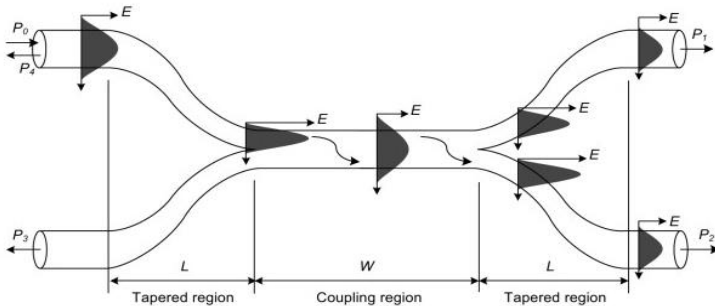
Gambar 2.9 Transfer daya optik antara dua pandu gelombang identik (Hunsperger, 1985)

Pada bidang optik, *directional coupler* dapat berfungsi sebagai pemecah (*splitter*) berkas cahaya, pembagi cahaya (*power divider*),

*optical switching*, divais WDM, divais interferometer baik Michelson maupun Mach Zender serta divais optik lain.

*Directional coupler* dapat dibuat dari serat optik moda tunggal maupun moda jamak dengan cara menggabungkan (*fused*) kedua buah serat optik tersebut dengan panjang daerah interaksi dan lebar gap tertentu. Proses kopling atau transfer daya optik pada *directional coupler* serat optik analog dengan pandu gelombang planar. Bedanya distribusi medan yang terkopel pada *directional coupler* serat optik berbentuk fungsi Bessel.

*Directional Coupler* yang tersusun dari dua buah serat optik mempunyai empat buah port dan disebut *directional coupler* serat optik struktur simetri 2x2. Skema *directional coupler* serat optik struktur simetri 2x2 yang dibuat dengan metode *fused biconal tapered* yang diperlihatkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Directional coupler* struktur simetri 2x2 berbahan serat optik dengan metode fused (Fernando,2007)

Parameter parameter *directional coupler* sebagai divais optik antara lain *Coupling Ratio* (CR), *Insertion Loss* ( $L_{ins}$ ), *Exceess Loss* ( $L_e$ ). Dengan mengacu pada gambar di atas, parameter parameter tersebut dituliskan dalam persamaan persamaan berikut ini:

1. *Splitting* atau *Coupling ratio* (CR), adalah prosentase dari rasio antara daya salah satu *port* keluaran terhadap daya

total dari kedua *port* keluaran *directional coupler*. Oleh karena keluaran *directional coupler* terdiri atas dua port, maka terdapat dua nilai CR (Heider,dkk 2011)

$$CR_1 = \frac{p_1}{p_1 + p_2} \quad (2.41(a))$$

dan

$$CR_2 = \frac{p_2}{p_1 + p_2} \quad (2.41(b))$$

2. *Insertion Loss* ( $L_{ins}$ ) atau *port-to-port loss*, adalah rasio antara daya port keluaran terhadap daya port masukan. Oleh karena *directional coupler* memiliki dua port keluaran dengan daya keluaran pertama sebesar  $P_1$  dan daya keluaran port kedua adalah  $P_2$ , maka nilai *insertion loss* dibedakan atas

$$L_{ins}(1) = 10 \log\left(\frac{p_1}{p_0}\right) \quad (2.42(a))$$

$$L_{ins}(2) = 10 \log\left(\frac{p_2}{p_0}\right) \quad (2.42(b))$$

Kedua nilai insertion loss tersebut dinyatakan dengan satuan dB. (Crips,2005)(Nuraini,2017)

3. *Exceess Loss* ( $L_e$ ) adalah rugi daya total yang didefinisikan sebagai rasio antara daya kedua port keluaran terhadap daya port masukan. Rugi daya total dinyatakan dalam satuan (dB).

$$L_e = 10 \log\left(\frac{p_1 + p_2}{p_0}\right) \quad (2.43)$$

dengan  $P_0$  adalah daya masukan,  $P_1$  dan  $P_2$  adalah daya keluaran tiap port *directional coupler*.(Crips,2005)(Nuraini,2017)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

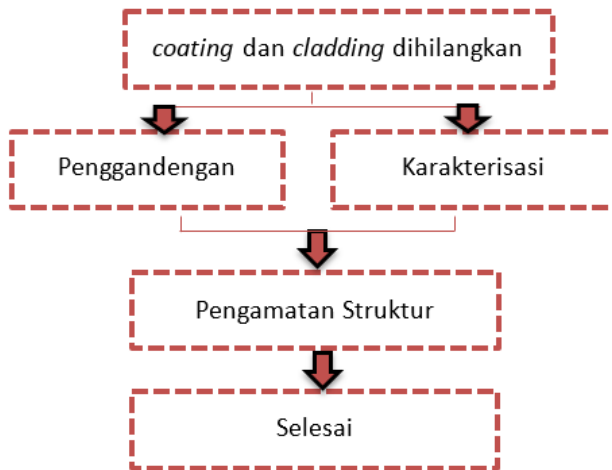
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian Tugas Akhir ini peralatan yang digunakan antara lain adalah penggaris, pemotong fiber, *acrylic*, selotip, thermokopel, *cutter*, cawan, gunting, kertas aluminium foil, pita kawat, *hot plate*, BF5R-D1-N, *power supply*, cetakan *pressing*, batang penekan, beban penekan, keramik dan kertas amplas. Adapun bahan yang digunakan adalah serat optik plastik *step index* ragam jamak (*multi mode*) tipe FD-620-10 dan aceton.

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian Tugas Akhir ini. Gambar diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Tahapan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 berbahan serat optik step index moda jamak dipaparkan dalam sub bab berikut:

### 3.3 Tahap Fabrikasi *Directional Coupler*

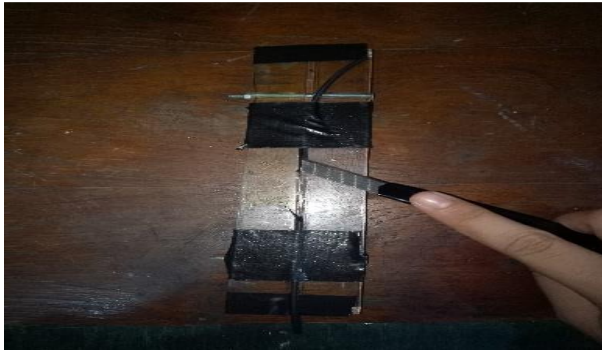
Pada tahap ini hal pertama yang dilakukan adalah mempersiapkan serat optik dengan tipe FD-620-10. Kemudian memotong serat optik tersebut dengan menggunakan alat pemotong yang sudah disediakan. Serat optik dipotong sepanjang 20cm dan 12cm masing- masing sebanyak 2 buah. Untuk memudahkan identifikasi, kedua serat optik tersebut diberi label A dan B.

#### 3.3.1 Menghilangkan bagian Jaket Serat Optik (*Coating*)

Dalam proses menghilangkan bagian *coating* (jaket) digunakan alat yang terbuat dari kaca akrilik. Ketebalan bagian utama dari alat ini adalah 2mm dengan panjang 20cm. Dalam alat tersebut terdapat daerah kupasan yang menjorok ke atas. Panjang bagian yang menjorok ke atas tersebut sepanjang 35mm, didesain sedemikian rupa untuk menyesuaikan serat optik yang akan digunakan sebagai *directional coupler*.

Selanjutnya serat optik yang akan dikupas ditempatkan pada bagian tengah alat tersebut. Agar saat proses pengupasan atau menghilangkan bagian jaket serat optik tidak bergerak, maka serat optik tersebut direkatkan dengan menggunakan selotip. Proses pengupasan jaket pada serat optik menggunakan cutter. Serat optik dengan panjang 20cm dilakukan pengupasan sepanjang 6cm sedangkan serat optik dengan panjang 12cm dilakukan pengupasan sepanjang 2cm. Gambar 3.2 merupakan proses pengupasan jaket pada serat optik.



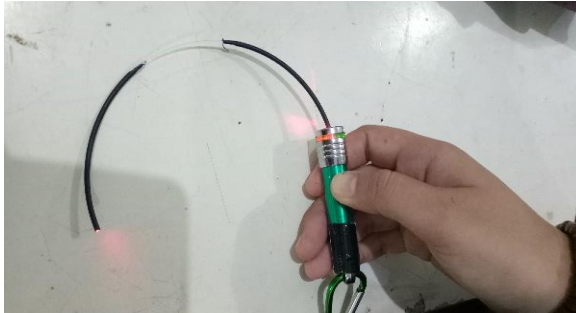


Gambar 3.2 Proses menghilangkan bagian *coating*

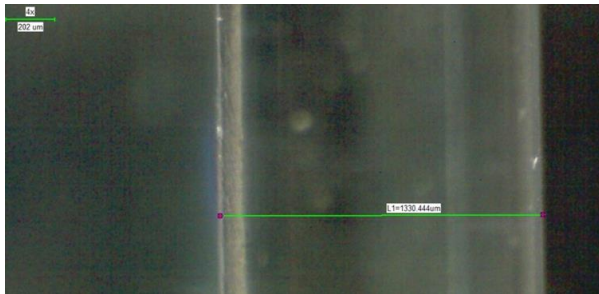
Pada proses menghilangkan bagian jaket ini menyisakan bagian kulit (*cladding*) dan bagian inti (*core*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.3. Dari hasil kupasan tersebut kemudian dilakukan pemanduan sinar laser, dengan tujuan untuk mengetahui apakah terjadi kebocoran sinar (kerusakan pada inti) akibat proses pengupasan atau tidak. Pada Gambar 3.4 serat optik yang diberi sinar laser tampak bening menunjukkan masih terjadi pemantulan dalam total, karena masih terdapat bagian kulit. Setelah bagian jaket dikupas selanjutnya dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop. Dengan perbesaran mikroskop 4x diketahui diameter inti-kulit adalah 1.33mm sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.3 Hasil menghilangkan bagian *coating* serat optik



Gambar 3.4 Serat optik yang telah dikupas diberi sinar laser



Gambar 3.5 Hasil pengamatan inti-kulit menggunakan mikroskop

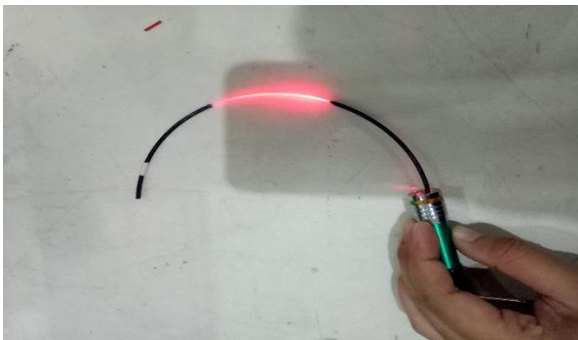
### 3.3.2 Menghilangkan bagian kulit (*cladding*)

Pada proses menghilangkan bagian kulit serat optik, peralatan dan bahan yang digunakan adalah cawan, serat optik dan aceton. Pertama-tama cawan diisi oleh cairan aceton kemudian serat optik yang sudah dikupas bagian jaketnya direndam pada cawan tersebut. Proses ini dilakukan hingga bagian kulit terkelupas. Proses menghilangkan kulit ini membutuhkan waktu kurang lebih sekitar 1 jam. Gambar 3.6 merupakan proses menghilangkan bagian kulit serat optik menggunakan aceton.

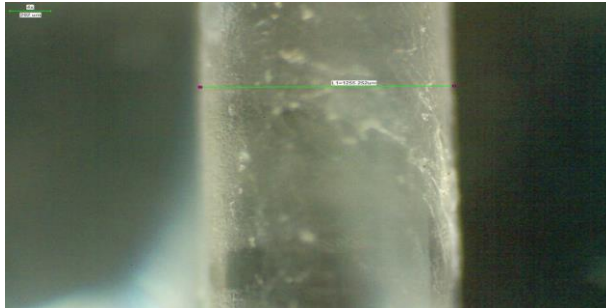


Gambar 3.6 Proses menghilangkan bagian kulit serat optik

Untuk memastikan kulit sudah terkelupas maka dilakukan pemanduan sinar laser. Apabila cahaya yang keluar dari bagian kupasan belum merata, maka serat optik direndam kembali dengan menggunakan acetone di dalam cawan. Pada Gambar 3.7 menunjukkan bahwa cahaya yang keluar dari bagian serat optik yang telah dikupas sudah merata, yang menandakan bahwa kulit serat optik tersebut telah terkelupas. Hasil perbesaran mikroskop 4x menunjukkan bahwa diameter inti adalah 1.25mm yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Serat optik yang telah dihilangkan kulitnya



Gambar 3.8. Hasil pengamatan inti menggunakan mikroskop

### 3.3.3 Uji Kerataan

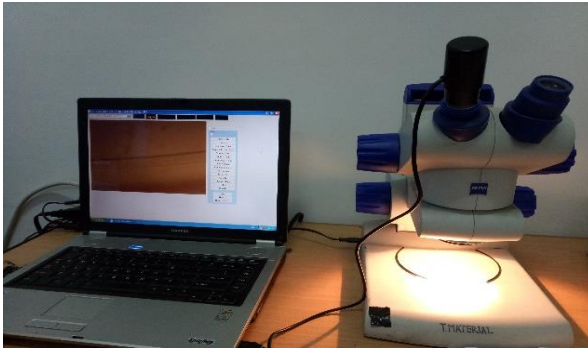
Serat optik yang telah dihilangkan bagian kulit dan jaket pelindungnya selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui kerataan dari permukaan bagian intinya. Uji kerataan dilakukan dengan cara melihat bagian kupasan serat optik pada setiap port. Berikut keterangan pengujian yang dilakukan dengan alat *Stereo microscope* #3-carl zeiss stemi DV4:

Hari dan tanggal : Selasa, 21 November

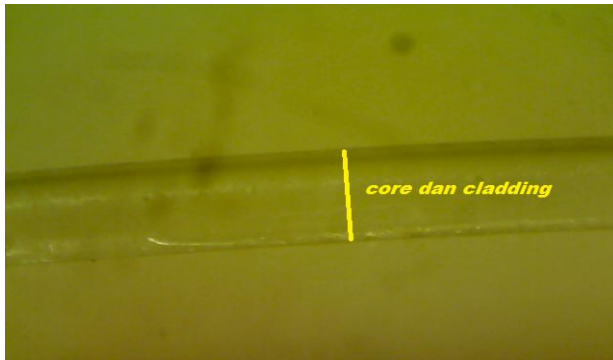
Tempat : Laboratorium Metal

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS.

Gambar 3.9 menunjukkan proses uji kerataan inti serat optik yang diamati dengan menggunakan *Stereo microscope* #3-carl zeiss stemi DV4 yang telah disambung dengan laptop untuk menampilkan hasil dari bagian kupasan serat optik. Untuk menggunakan *stereo microscope* Carl Zeiss, bagian daerah kupasan pada serat optik yang hendak diamati diletakkan pada lubang pengamatan. Hasil pengamatan yang didapatkan menggunakan mikroskop menampilkan perbesaran gambar struktur makro sepanjang daerah kupasan pada serat optik.



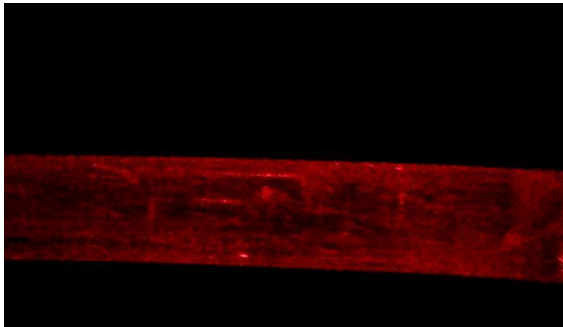
Gambar 3.9 Proses uji kerataan dengan *Stereo microscope*



Gambar 3.10 Hasil perbesaran dengan menggunakan *stereo microscope*

Gambar 3.10 merupakan hasil pengamatan serat optik dengan *stereo microscope* berskala  $2000\ \mu\text{m}$  tanpa menggunakan sinar laser. Gambar diambil pada bagian penampang serat optik yang telah dikupas sebelumnya. Struktur serat optik yang dapat dilihat adalah bagian inti dan kulitnya. Pengamatan ini dilakukan untuk memperjelas bagian serat optik yang diamati. Agar dapat diketahui pada bagian mana saja yang belum terkupas secara sempurna, maka dilakukan penyinaran dengan menggunakan sinar

laser. Gambar 3.11 merupakan gambar yang diambil saat pengamatan dengan menggunakan sinar laser.



Gambar 3.11 Perbesaran yang dilakukan dengan sinar laser

Pada Gambar 3.11 terlihat bagian yang masih gelap, hal ini menandakan masih terdapat kulit dari serat optik. Oleh karena itu perlu dilakukan proses perendaman serat optik ke dalam cawan acetone untuk menghilangkan bagian kulitnya agar proses pengamatan dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu proses penggandengan.

### 3.4 Proses penggandengan

Penggandengan dilakukan dengan cara menempelkan kedua serat optik pada bagian yang telah dikupas bagian kulit dan jaketnya dengan metode *Heating and Pressing*. Serat optik disusun atas susunan sejajar dan saling membelakangi. Kemudian bagian tersebut dibungkus dengan menggunakan kertas aluminium dan dililitkan pita kawat agar terbungkus erat. Gambar 3.12 merupakan gambar yang diambil saat membungkus serat optik menggunakan aluminium foil dan pita kawat.

Setelah serat optik dibungkus menggunakan aluminium foil dan diberi pita kawat, yang perlu dipersiapkan adalah cetakan

*pressing* dan *hot plate*. Kemudian colokan *hot plate* ditancapkan pada sumber listrik dan diatur suhunya. Pada penelitian ini temperatur *hot plate* yang digunakan mencapai suhu  $200^{\circ}$ ,  $250^{\circ}$  dan  $300^{\circ}$ . Cetakan *pressing* yang dipakai pada penelitian ini ada 2 macam, yaitu cetakan *pressing* pertama (1) terbuat dari baja. Alat *pressing* tersebut terdiri dari cetakan *pressing* dan batang penekan. Panjang cetakan *pressing* sebesar 35mm dan lebar celah sebesar 4mm. Cetakan *pressing* kedua (2) terbuat dari aluminium, dengan panjang cetakan *pressing* sebesar 16mm dan lebar celah sebesar 3mm.



Gambar 3.12 Serat optik yang telah dibungkus menggunakan aluminium foil dan pita kawat

Selanjutnya serat optik diletakkan sejajar ke dalam cetakan *pressing* yang sudah dipanaskan terlebih dahulu di atas *hot plate*. Pemanasan cetakan *pressing* dilakukan dalam waktu 15 menit. Untuk mengetahui suhu yang ada di dalam cetakan maka digunakan thermokopel. Untuk melindungi bagian yang tidak terkopel atau tergendeng, maka pada bagian tersebut dililitkan pita kawat agar tidak meleleh akibat panas yang ditimbulkan oleh *hot plate*. Selain itu untuk meminimalisir lelehan yang diakibatkan oleh *hot plate*, maka di atas *hot plate* diberi keramik dan kertas

amplas. Setelah serat optik dimasukkan ke dalam cetakan, serat optik ditekan menggunakan batang penekan sekitar 5 sampai 15 menit. Gambar 3.13 dan 3.14 merupakan proses penggandengan serat optik yang diletakkan pada cetakan *pressing*.



Gambar 3.13 Proses penggandengan serat optik cetakan *pressing* (1)



Gambar 3.14 Proses penggandengan serat optik cetakan *pressing* (2)

### 3.5 Karakterisasi *Directional Coupler*

Karakterisasi *directional coupler* hasil fabrikasi menggunakan alat BF5R-D1-N. Karakterisasi ini bertujuan untuk



memperoleh nilai *Coupling ratio* (CR) dan *Insertion loss* (Lins). Alat BF5R-D1-N1 merupakan sensor khusus untuk menganalisis daya keluaran yang diterima oleh serat optik. Pada karakterisasi ini digunakan dua buah BF5R-D1-N, yang pertama sebagai sumber cahaya dan yang kedua sebagai fotodetektor.



Gambar 3.15 Alat BF5R-D1-N

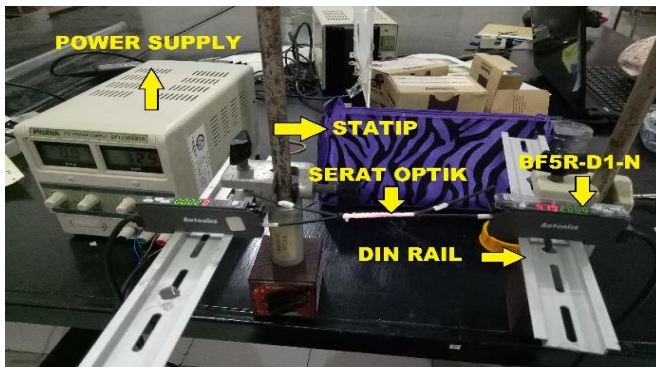
Spesifikasi BF5R-D1-N di perlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi BF5R-D1-N

Tipe	BF5R-D1-N
Source	LED merah (660 nm)
Power Supply	12-24 Volt DC $\pm$ 10%
Arus maksimum	50 mA
Waktu respon	500 $\mu$ s (Standart)
Output	P <sub>in</sub> (level light) 0-4000

Set up alat untuk karakterisasi ditunjukkan pada Gambar 3.16. Alat BF5R-DI-N di persiapan terlebih dahulu. Kemudian BF5R-D1-N diletakkan di atas DIN rail yang dipasang pada statip agar bisa berdiri tegak dan sejajar keduanya. Kabel dari alat BF5R-D1-N terdapat 3 warna yaitu *brown*, *blue* dan *black*. Port warna *brown* dililitkan pada pada power supply bagian positif, port warna *blue* dililitkan pada bagian *ground*, sedangkan port warna *black*

untuk *negative*. Sumber tegangan DC dari *power supply* yang digunakan pada kedua BF5R-D1-N adalah sebesar 13 volt. Nilai ini berada direntang tegangan kerja yaitu 12-24 volt. Alat BF5R – D1-N ini sangatlah sensitif terhadap panas. Apabila digunakan secara terus menerus (jangka panjang) data yang ditampilkan tidak stabil dan intensitas cahaya yang terdeteksi cenderung menurun.



Gambar 3.16 Proses karakterisasi *directional coupler* dengan menggunakan BF5R-D1-N

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Fabrikasi *Directional Coupler*

*Directional coupler* merupakan *coupler* yang paling banyak dikembangkan saat ini. Metode yang ada untuk mengembangkan *coupler* adalah metode *Fused Biconical Tapered* (FBT). Metode ini merupakan salah satu metode atau teknik pembuatan *coupler* yang terkenal dan cukup sederhana, yaitu dengan cara mengupas dua buah serat optik atau lebih dengan panjang kupasan tertentu menggunakan alat pengupas, kemudian bagian yang dikupas digandeng dan diikat dengan benang. Namun penggandengan menggunakan cara tersebut menghasilkan daya yang terbagi tidak merata, karena adanya daya yang bocor keluar dari celah lilitan benang. Oleh karena itu pada penelitian Tugas Akhir ini digunakan metode *heating and pressing*. Metode ini merupakan metode yang cukup baru dalam fabrikasi *directional coupler*, yakni menempelkan dua serat optik yang bagian kulit (*cladding*) dan jaketnya terkupas melalui pemanasan yang disertai pembebanan.

Proses fabrikasi *Directional coupler* konfigurasi 2x2 telah dilakukan menggunakan metode *heating and pressing* terhadap dua buah serat optik dengan bagian kulit dan jaketnya telah dikupas. Pengupasan bagian jaket dilakukan dengan cara meletakkan serat optik di lubang akrilik, kemudian dikupas dengan menggunakan *cutter*. Bagian kulit dihilangkan dengan cara merendam serat optik yang bagian jaketnya terkupas ke dalam cairan acetone. Proses perendaman ini membutuhkan waktu sekitar 1 jam. Serat optik yang tersisa hanya meninggalkan bagian inti (*core*). Apabila ke dalam serat optik diberi masukan cahaya laser, maka akan terjadi kebocoran cahaya di sepanjang daerah kupasan. Kebocoran cahaya ini menandakan bahwa bagian kulit serat optik telah hilang. Dengan bagian kulit yang telah hilang ini, maka udara berfungsi sebagai kulit pengganti. Tergantinya bagian kulit serat optik menyebabkan berubahnya nilai sudut kritis pada daerah

kupasan. Berubahnya normal bidang permukaan menyebabkan besar sudut datang cahaya terhadap normal bidang berubah, sehingga terdapat cahaya datang dengan sudut yang lebih kecil dari sudut kritisnya. Cahaya yang datang lebih kecil dari sudut kritisnya tersebut akan dibiaskan keluar dari medium inti menuju udara dalam bentuk bocoran cahaya.

Selanjutnya yang perlu dipersiapkan adalah cetakan *pressing*. Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 macam. Cetakan *pressing* pertama terbuat dari baja dan memiliki panjang 35mm (Nuraini,2016). Cetakan *pressing* kedua terbuat dari aluminium dan memiliki panjang 16mm. Dengan tersedianya cetakan *pressing* tersebut maka proses fabrikasi *directional coupler* dari bahan serat optik siap dilakukan. Pada penelitian ini variasi yang digunakan adalah variasi panjang kupasan, variasi waktu *pressing*, variasi pembebanan pada proses *pressing*.

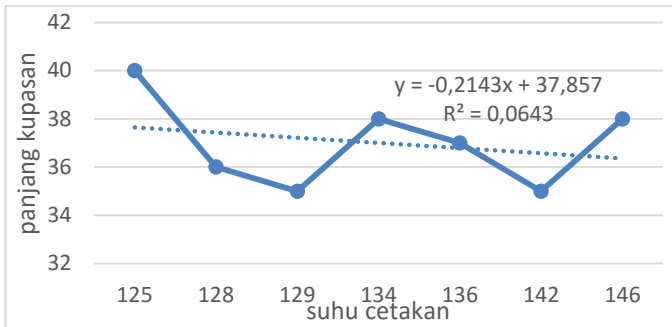
#### **4.1.1 Hasil Fabrikasi Metode *Heating And Pressing***

Pada sub bab ini dipaparkan hasil fabrikasi *directional coupler* dari penggandengan dua serat optik menggunakan metode *heating and pressing*. Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 3.4, proses fabrikasi dengan metode *heating and pressing* ini dilakukan menggunakan dua buah cetakan *pressing*. Pada proses fabrikasi tersebut, cetakan *pressing* beserta batang penekannya dipanaskan dengan *hot plate* yang bersuhu 200°C sekitar 15 menit. Kemudian dilakukan pengukuran suhu yang ada di dalam cetakan dengan termokopel untuk mengetahui suhu terjadinya penggandengan kedua serat optik. Serat optik selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan *pressing* dan dilakukan penekanan dengan beban dan waktu tertentu. Pada Tabel 4.1 ditunjukkan besaran-besaran fabrikasi *directional-coupler* menggunakan cetakan *pressing* 1 yang terbuat dari baja. Pada proses fabrikasi ini digunakan panjang kupasan 60mm.

**Tabel 4.1 Besaran fabrikasi *directional-coupler* menggunakan cetakan *pressing* 1**

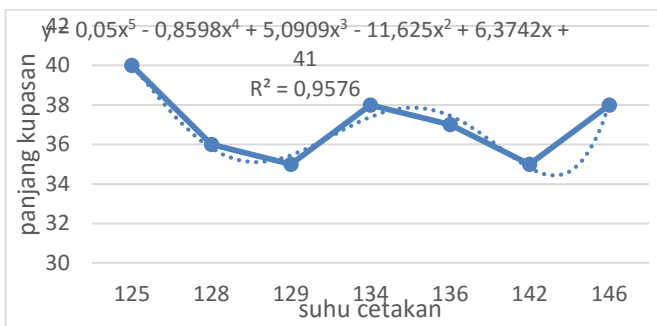
No	Suhu <i>hot plate</i>	Suhu Cetakan	Beban	Lama penekanan	Panjang Interaksi	Saat disinari
1	200°C	125°C	17.81gr	10 menit	40mm	Nyala
2	200°C	128°C	17.81gr	10 menit	36mm	Nyala
3	200°C	136°C	17.81gr	15 menit	37mm	Nyala
4	250°C	142°C	17.81gr	10 menit	35mm	Nyala
5	250°C	146°C	17.81gr	15 menit	38mm	Nyala
6	300°C	158°C	17.81gr	5 menit	Patah	Tidak
7	300°C	162°C	17.81gr	2 menit	Patah	Tidak
8	200°C	129°C	17.81gr	10 menit	35mm	Nyala
9	200°C	134°C	17.81gr	15 menit	38mm	Nyala

Sebagaimana tampak pada Tabel 4.1, penggantian dua serat optik pada fabrikasi kesembilan sampel *directional coupler* dengan cetakan *pressing* 1 dilakukan dengan pembebanan yang sama yakni 17.81gr. Suhu dalam cetakan dan lama penekanan berpengaruh signifikan terhadap panjang interaksi *directional-coupler*. *Directional coupler* pada urutan No 1-7 serat optiknya disusun saling membelakangi, sedangkan untuk urutan No 8-9 disusun secara sejajar. Dari hasil uji penyinaran diketahui bahwa kondisi nyala sebagai pertanda *directional-coupler* dapat berfungsi sebagai penyalur cahaya terjadi pada *directional coupler* yang difabrikasi dengan lama penekanan 10 menit atau lebih. Pada grafik di bawah ini ditunjukkan hubungan suhu dalam cetakan *pressing* 1 terhadap panjang interaksi *directional coupler* yang dihasilkan. Dua buah hubungan yang ditinjau adalah hubungan linier dan polinomial seperti ditunjukkan dalam grafik grafik berikut. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa suhu dalam cetakan *pressing* 1 terhadap panjang interaksi *directional coupler* tidak menunjukkan hubungan linier. Hal ini ditunjukkan oleh nilai konfiden regresi ( $R^2$ ) yang sangat kecil jauh dari 1. Proses regresi dilakukan menggunakan program Excel yang tersedia pada Microsoft Office.



Gambar 4.1 Regresi hubungan suhu cetakan terhadap panjang kupasan menggunakan model linear

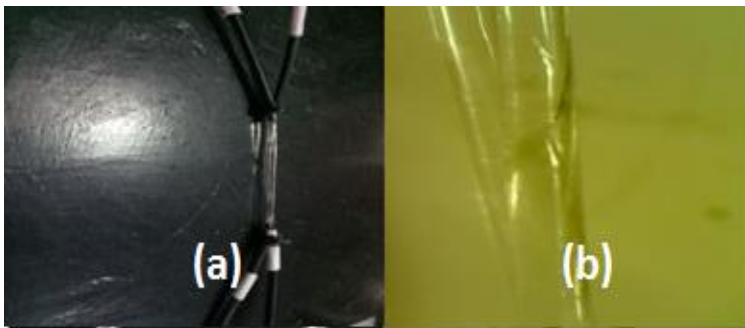
Tingkat konfiden  $R^2$  mendekati 1 diperoleh oleh penggunaan model polinomial orde 5 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Regresi hubungan suhu cetakan terhadap panjang kupasan menggunakan model polinomial orde 5

Perlu untuk dijelaskan bahwa pada Tabel 4.1 di atas, *directional coupler* pertama (No.1) difabrikan tanpa menggunakan

aluminium foil dan pita kawat, sedangkan ke delapan *directional coupler* berikutnya (No:2-9) dilakukan menggunakan aluminium foil dan pita kawat. Hasil pengamatan menggunakan *stereo microscope* terhadap ketergandengan kedua serat optik yang meliputi pengamatan struktur dari panjang interaksi kesembilan *directional coupler* tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.3-4.11, dimana (a) merupakan gambar hasil fabrikasi menggunakan camera sedangkan (b) merupakan gambar hasil fabrikasi menggunakan *stereo microscope*.



Gambar 4.3 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C, lama penekanan 10 menit tanpa aluminium foil dan pita kawat



Gambar 4.4 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C dan lama penekanan 10 menit



Gambar 4.5 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C dan lama penekanan 15 menit

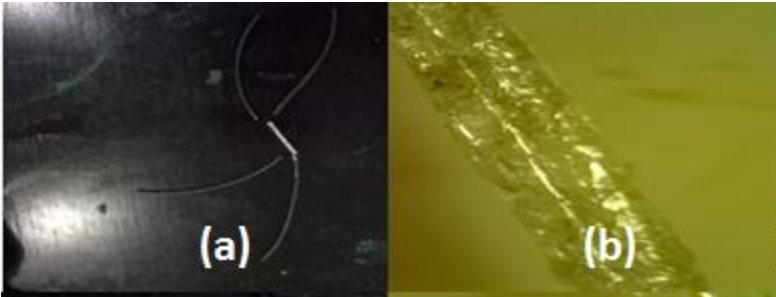


Gambar 4.6 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 250°C dan lama penekanan 10 menit



Gambar 4.7 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 250°C dan lama penekanan 15 menit





Gambar 4.8 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 300°C dan lama penekanan 5 menit



Gambar 4.9 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 300°C dan lama penekanan 2 menit



Gambar 4.10 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C dan lama penekanan 10 menit

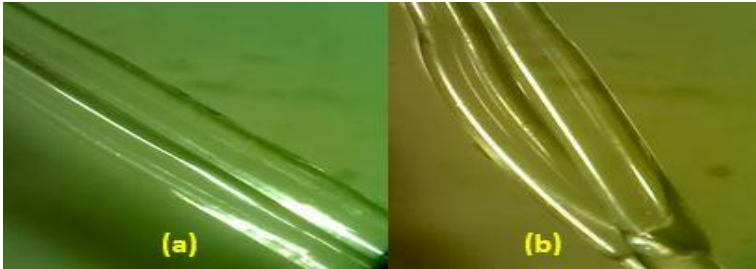


Gambar 4.11 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C dan lama penekanan 15 menit

Pengamatan dengan *stereo microscope* juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kertas aluminium foil dan pita kawat terhadap struktur gandengan serat optik. Gambar 4.12 merupakan gambar serat optik yang salah satu sisinya diberi pelindung aluminium foil dan pita kawat. Hasil pengamatan struktur gandengan serat optik ditunjukkan dalam Gambar 4.13. Tampak pada Gambar 4.13 (a), saat menggunakan kertas aluminium foil dan kawat pita, serat optik tergandeng dengan rapi, sedangkan pada Gambar 4.13 (b) untuk sisi yang tidak diberi pelindung aluminium foil dan pita kawat, serat optik tidak saja terlihat mengembang tetapi juga melintir.



Gambar 4.12 Hasil fabrikasi *directional coupler* dengan dan tanpa menggunakan aluminium foil dan pita kawat



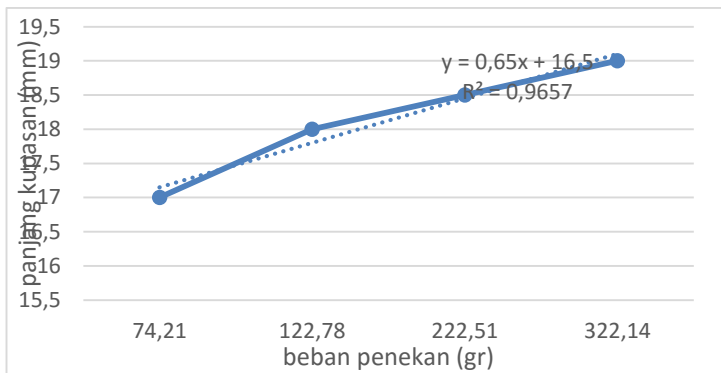
Gambar4.13 Hasil pengamatan struktur gandengan (a) dengan menggunakan aluminium foil dan pita kawat (b) tidak menggunakan aluminium foil dan pita kawat

Selanjutnya, pada Tabel 4.2 di bawah ini ditunjukkan besaran-besaran fabrikasi *directional coupler* yang dilakukan menggunakan cetakan *pressing 2* yang terbuat dari aluminium. Pada proses fabrikasi ini digunakan panjang kupasan 20 mm.

**Tabel 4.2 Besaran fabrikasi *directional-coupler* menggunakan cetakan *pressing 2***

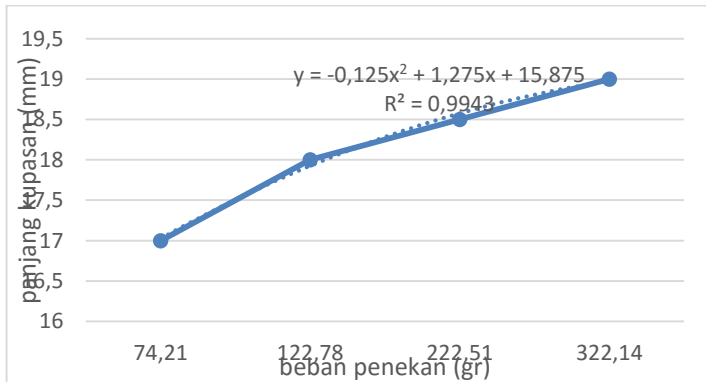
No	Suhu <i>hot plate</i>	Suhu Cetakan	Beban	Lama penekanan	Panjang Interaksi	Saat disinari
1	200°C	120°C	74,21gr	5 menit	17mm	Nyala
2	200°C	122°C	122,78gr	5 menit	18mm	Nyala
3	200°C	122°C	222,51gr	5 menit	18,5mm	Nyala
4	200°C	124°C	322,14gr	5 menit	19mm	Nyala

Pada penggunaan cetakan *pressing 2* ini suhu dalam cetakan tampak relatif seragam yakni di kisaran 120°C-124°C. Pemberian beban yang jauh lebih besar dibanding penggunaan cetakan *pressing 1* berpengaruh langsung terhadap lama waktu penekanan. Tampak bahwa lama penekanan 5 menit sudah menghasilkan *directional coupler* dengan kondisi nyala saat disinari. Untuk penggunaan cetakan *pressing 2* ini, uji linearitas dilakukan untuk hubungan antara pembebanan dan panjang interaksi *directional coupler*. Gambar 4.14 merupakan hasil regresi dengan model linier



Gambar 4.14 Regresi hubungan beban penekan terhadap panjang kupasan dengan model linear

Sedangkan Gambar 4.15 menunjukkan hasil regresi dengan model polinomial orde 2



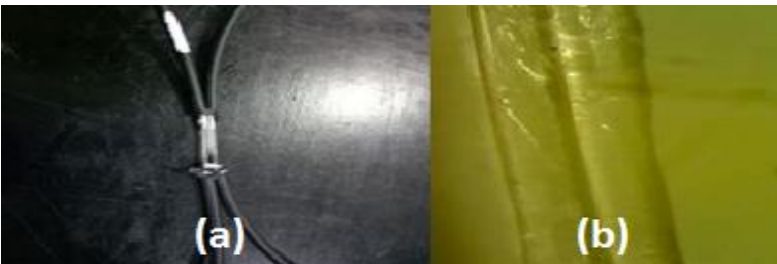
Gambar 4.15 Regresi hubungan beban penekan terhadap panjang kupasan dengan model polinomial orde 2

Hasil fabrikasi *directional coupler* menggunakan cetakan *pressing* 2 beserta hasil pengamatan struktur gandingan serat optik

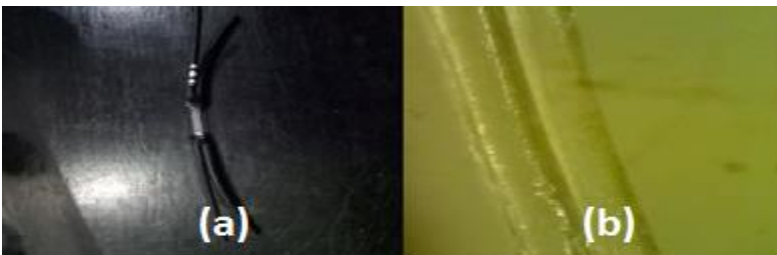
ditunjukkan pada Gambar 4.16-4.19 dimana (a) merupakan gambar hasil fabrikasi menggunakan camera, sedangkan (b) merupakan gambar hasil fabrikasi menggunakan stereo microscope.



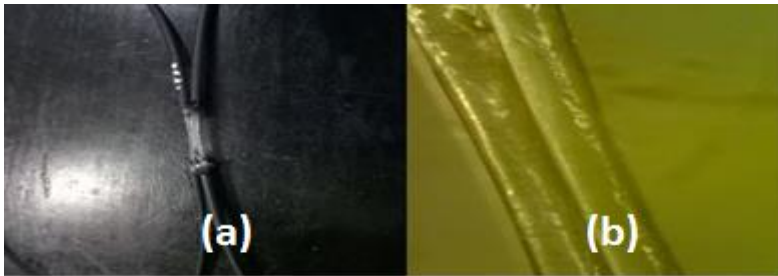
Gambar 4.16 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C, lama penekanan 5 menit dengan beban penekan sebesar 74,21 gr



Gambar 4.17 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C, lama penekanan 5 menit dengan beban penekan sebesar 122,78 gr



Gambar 4.18 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C lama penekanan 5 menit dengan beban penekan sebesar 222,51 gr



Gambar 4.19 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada suhu 200°C, lama penekanan 5 menit dengan beban 322,14 gr

## 4.2 Karakterisasi *Directional Coupler* menggunakan sensor BF5R-D1-N

Proses karakterisasi *directional coupler* berbahan serat optik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua buah sensor BF5R-D1-N. Sensor pertama berfungsi sebagai intensitas cahaya masukan dan membaca balikan, sedangkan sensor kedua berfungsi untuk membaca nilai intensitas cahaya keluaran. Cahaya masukan ke dalam sensor pertama diberikan pada *port* A1 dan B1 secara bergantian, sementara cahaya keluaran pada *port* A2 dan B2 dikarakterisasi oleh sensor kedua. Proses pemasukan cahaya juga dilakukan pada *port* A2 dan B2 secara bergantian, sedangkan cahaya keluarannya dikarakterisasi pada A1 dan B1. Hal ini bertujuan agar mengetahui nilai intensitas pada setiap *port*. Selama proses karakterisasi pada *display* atau layar sensor pertama menampilkan nilai balikan, sedangkan sensor kedua menampilkan nilai intensitas cahaya yang diterima pada keluaran masing-masing *port*.

### 4.2.1. Hasil Karakterisasi *Directional Coupler*

Karakterisasi terhadap proporsi daya cahaya masukan dan daya keluaran *directional coupler* dilakukan dengan menggunakan

sensor BF5R-D1-N. Sebagaimana telah dipaparkan sebelumnya fabrikasi *directional coupler* menggunakan dua buah serat optik menghasilkan dua port masukan dan dua port keluaran. Pengambilan data pada dasarnya dilakukan merujuk pada penjalaran cahaya pada Gambar 2.10, namun untuk memudahkan dalam pengambilan data, kedua serat optik penyusun *directional coupler* tersebut diberi label. Pada serat optik pertama port masukan dan port keluarannya diberi label A1 dan A2, sedangkan port masukan dan keluaran serat optik kedua diberi label B1 dan B2. Kemudian kedua serat optik tersebut disusun sejajar A1 dan B1 saling berhadapan yang selanjutnya disebut port masukan, begitu pula dengan A2 dan B2 yang berhadapan disebut port keluaran. Pengambilan data pada setiap *directional coupler* hasil fabrikasi dilakukan dengan empat kombinasi, yaitu (A1:A2,B2), (B1:A2,B2), (A2:A1,B1) dan (B2:A1,B1). Maksud dari (A1:A2,B2) adalah cahaya masukan pada port A1, sedangkan cahaya keluarannya diukur pada port A2 dan B2, maksud yang serupa berlaku pula untuk ketiga kombinasi lainnya. Hasil karakterisasi dengan sensor BF5R-D1-N terhadap *directional coupler* menggunakan cetakan *pressing* 1 ditunjukkan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Data hasil karakterisasi *directional coupler* dengan cetakan *pressing* 1 beban penekan 17,81 gr**

No.	Suhu <i>hotplate</i> dan suhu dalam cetakan	Beban penekan dan Lama penekanan	Panjang Interaksi	Input (au)	Output (au)	Balikan (au)
1	200°C dan 125°C	17,81 gr dan 10 menit	40 mm	A1	A2=373	B1=31
					B2=332	
				B1	A2=589	A1=35
					B2=772	
				A2	A1=1321	B2=7
					B1=470	

2	200°C dan 128°C	17,81 gr dan 10 menit	36mm	B2	A1=756 B1=1237	A2=5				
				A1	A2=528 B2=230	B1=24				
					B1		A2=289 B2=333	A1=36		
				A2		A1=694 B1=408	B2=20			
					B2	A1=383 B1=778		B2=16		
				3		200°C dan 136°C	17,81 gr dan 15menit		37mm	A1
					B1			A2=313 B2=540		
								A2		A1=564 B1=327
B2	A1=304 B1=520	A2=70								
	4		250°C dan 142°C		17,81 gr dan 10 menit			35mm		A1
B1		A2=320 B2=511								
		A2								A1=702 B1=428
B2										A1=393 B1=463
		5		250°C dan 146 °C		17,81 gr dan 15 menit	38mm		A1	A2=394 B2=451
B1										A2=275 B2=269
									A2	A1=460 B1=231
B2										A1=489 B1=291
	6		200°C		17,81gr			35mm	A1	A2=600



	dan 129°C	dan 10 menit			B2=440	A1=63
				B1	A2=462	
					B2=446	
				A2	A1=648	B2=48
					B1=328	
				B2	A1=415	A2=70
					B1=417	
7	200°C dan 134°C	17,81 gr dan 15menit	38mm	A1	A2=272	B1=45
					B2=246	
				B1	A2=302	A1=65
					B2=318	
				A2	A1=272	B2=67
					B1=298	
				B2	A1=225	A2=71
					B1=270	

Sedangkan hasil karakterisasi *directional coupler* menggunakan cetakan *pressing* 2 ditunjukkan dalam Tabel 4.4

**Tabel. 4.4 Data hasil karakterisasi *directional coupler* dengan cetakan *pressing* 2 dengan variasi beban penekan**

No.	Suhu hotplate, suhu dalam cetakan,	Beban penekan dan lama penekanan	Panjang Interaksi	Input (au)	Output (au)	Balikan (au)
1	200°C dan 120°C	74,21 gr dan 5 menit	17mm	A1	A2=858	B1=49
					B2=306	
				B1	A2=418	A1=54
					B2=817	
				A2	A1=857	B2=21
					B1=402	
				B2	A1=320	A2=38
					B1=822	
2.	200°C dan 122°C	122,78 gr dan 5menit	18mm	A1	A2=772	B1=20
					B2=243	
				B1	A2=283	A1=22
					B2=836	

3	200°C dan 122°C	222,51gr dan 5 menit	18,5mm	A2	A1=794 B1=290	B2=15
				B2	A1=253 B1=846	
				A1	A2=1238 B2=462	A2=21
				B1	A2=489 B2=1028	
				A2	A1=989 B1=636	B2=58
				B2	A1=390 B1=805	
4	200°C dan 124°C	322,14gr dan 5 menit	19mm	A1	A2=1112 B2=687	B1=73
				B1	A2=743 B2=1005	
				A2	A1=1063 B1=724	B2=75
				B2	A1=706 B1=1096	
						A2=65

Berdasarkan Persamaan (2.41),(2.42(a)), (2.42(b)) dan (2.43) dapat diketahui nilai parameter-parameter *directional coupler*, antara lain *coupling ratio* (CR) dalam persen. *insertion loss* ( $L_{ins}$ ) dan *excess loss* ( $Le$ ), keduanya dalam satuan decibel (dB). Hasil perhitungan nilai ketiga parameter *directional coupler* hasil fabrikasi menggunakan cetakan *pressing* 1 ditunjukkan pada Tabel 4.5.

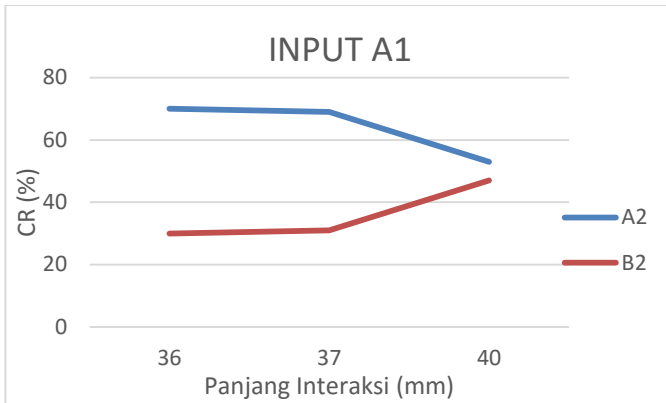
**Tabel 4.5 Karakterisasi *directional coupler* cetakan *pressing* 1**

No	Suhu hotplate Dan lama penekanan	Panjang interaksi	Input	CR (%)	Lins (dB)	Le (dB)
1.	200°C dan 10 menit	40mm	A1	53 : 47	-7.75 : -8.26	-5
			B1	43 : 57	-5.77 : -4.59	-2.1
			A2	74 : 26	-2.26 : -6.75	-0.9

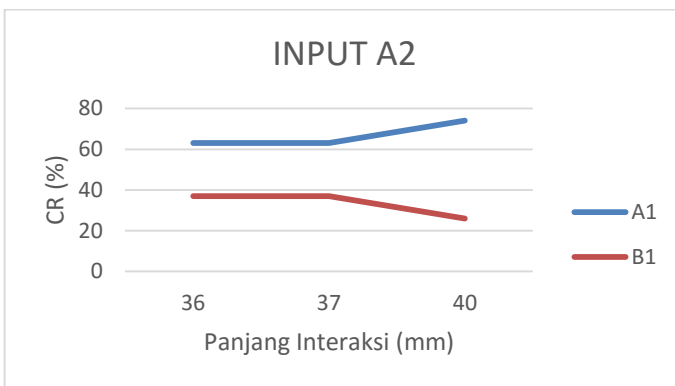
	200°C dan 10 menit	36mm	B2	38 : 62	-4.68 : -2.54	-0.5
			A1	70 : 30	-6.24 : -9.85	-4.7
			B1	46 : 54	-8.86 : -8.24	-5.5
			A2	63 : 37	-5.05 : -7.36	-3
	200°C dan 15 menit	37mm	B2	33 : 67	-7.64 : -4.56	-2.8
			A1	69 : 31	-5.91 : -8.68	-3.6
			B1	37 : 63	-8.51 : -6.14	-4.2
			A2	63 : 37	-5.95 : -8.32	-4
2.	200°C dan 10 menit	35mm	B2	37 : 63	-8.64 : -6.31	-4.3
			A1	62 : 38	-4.75 : -6.82	-2.65
			B1	39 : 61	-8.42 : -6.38	-4.27
			A2	62 : 38	-4 : -7.15	-2.94
	200°C dan 15 menit	38mm	B2	46 : 54	-7.52 : -6.81	-4.14
			A1	47 : 53	-7.51 : -6.93	-4.2
			B1	51 : 49	-9.07 : -9.17	-6.11
			A2	67 : 33	-6.8 : -9.83	-5.07
3.	200°C dan 10 menit	35mm	B2	63 : 37	-6.57 : -8.83	-4.55
			A1	58 : 42	-5.69 : -7.03	-3.3
			B1	51 : 49	-6.82 : -6.92	-3.9
			A2	66 : 34	-5.35 : -8.31	-3.6
	200°C dan 15 menit	38mm	B2	50 : 50	-7.29 : -7.27	-4.3
			A1	53 : 47	-9.12 : -9.56	-6.3
			B1	49 : 51	-8.67 : -8.44	-5.5
			A2	48 : 52	-9.12 : -8.73	-5.9
			B2	45 : 55	-9.95 : -9.15	-6.5

Dari data dalam Tabel 4.5, selanjutnya diplot grafik hubungan antara panjang interaksi terhadap *coupling ratio* (CR). Untuk hasil fabrikasi *directional coupler* menggunakan cetakan *pressing* 1 dengan serat optik susunan saling membelakangi pada suhu *hot plate* 200°C ditunjukkan pada Gambar 4.20-4.23, sedangkan untuk suhu *hot plate* 250°C ditunjukkan pada Gambar 4.24-4.27. Adapun untuk hasil fabrikasi *directional coupler* dengan serat optik susunan

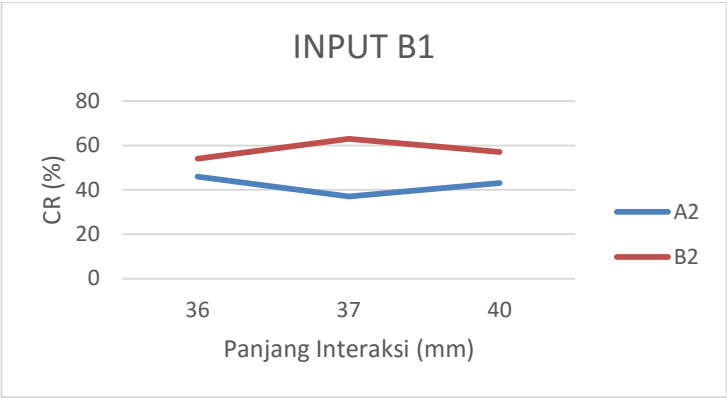
sejajar pada suhu *hot plate* 200°C ditunjukkan pada Gambar 4.28-4.31.



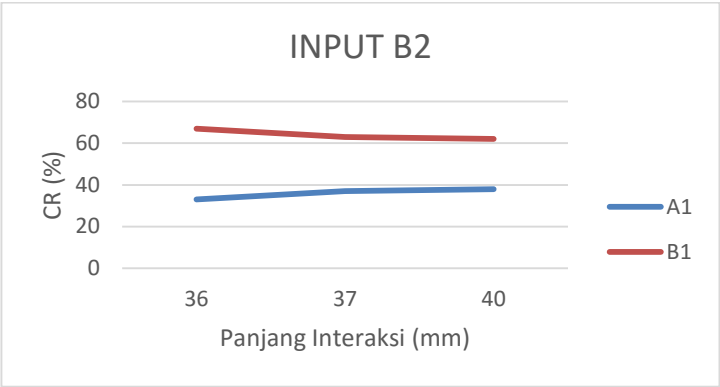
Gambar 4.20 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* A1 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik saling membelakangi



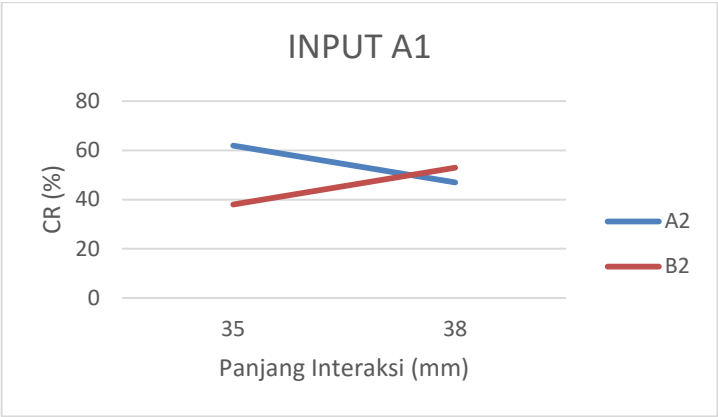
Gambar 4.21 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* A2 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik saling membelakangi



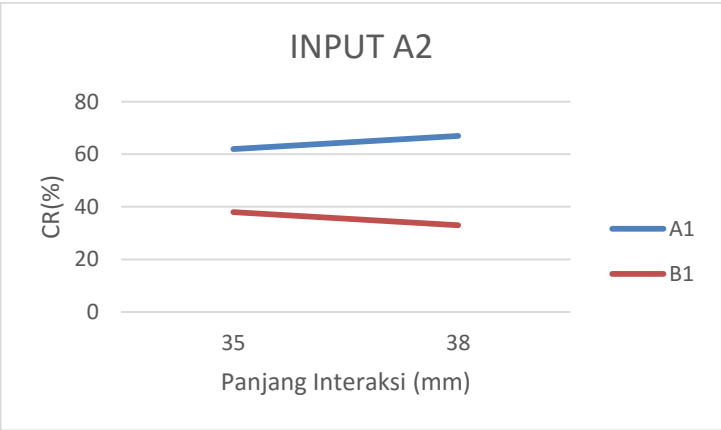
Gambar 4.22 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* B1 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik saling membelakangi



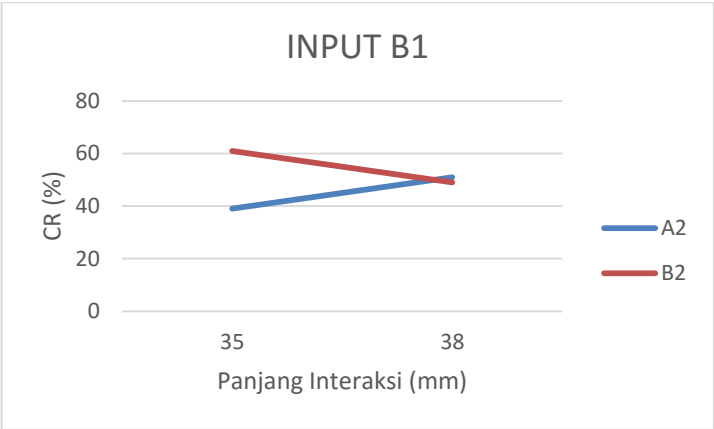
Gambar 4.23 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* B2 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik saling membelakangi



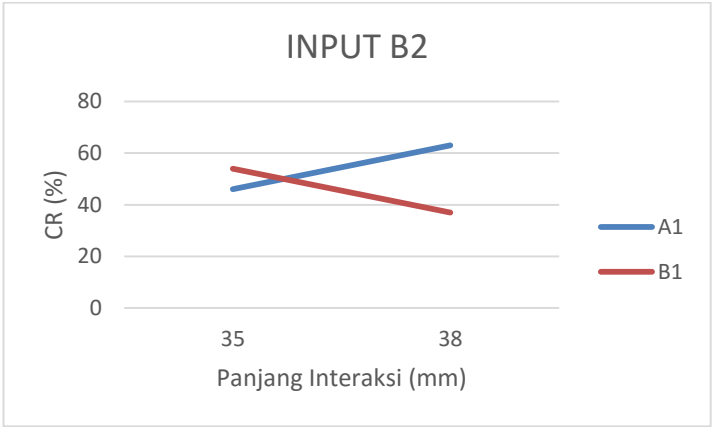
Gambar 4.24 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* A1 pada suhu *hot plate* 250°C susunan serat optik saling membelakangi



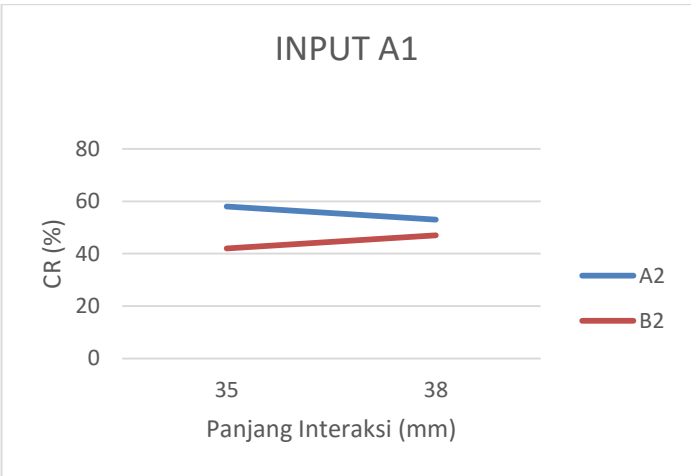
Gambar 4.25 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* A2 pada suhu *hot plate* 250°C susunan serat optik saling membelakangi



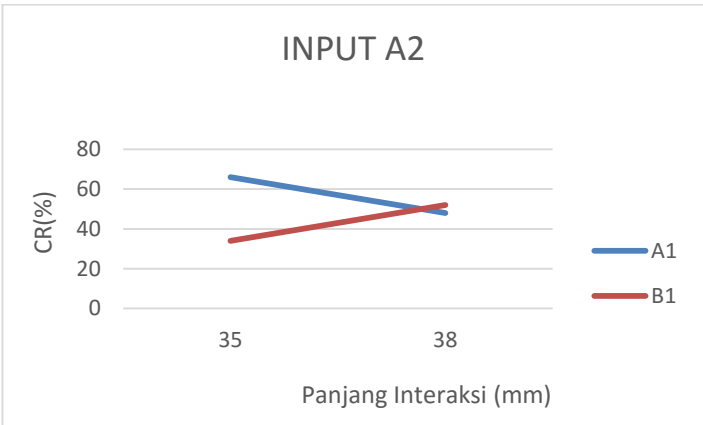
Gambar 4.26 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* B1 pada suhu *hot plate* 250°C susunan serat optik saling membelakangi



Gambar 4.27 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* A2 pada suhu *hot plate* 250°C susunan serat optik saling membelakangi

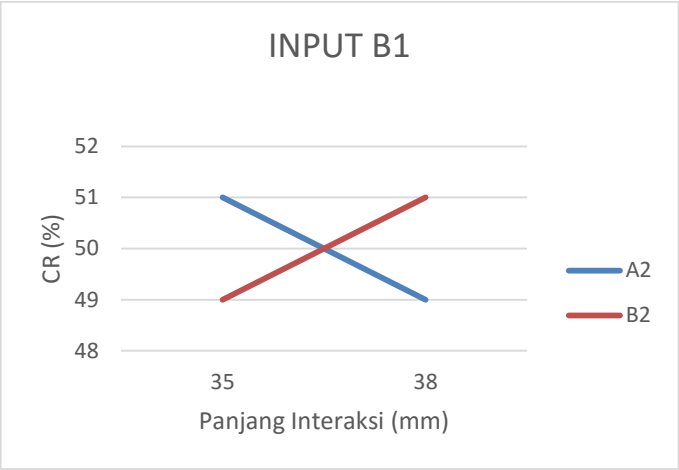


Gambar 4.28 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* A1 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik sejajar

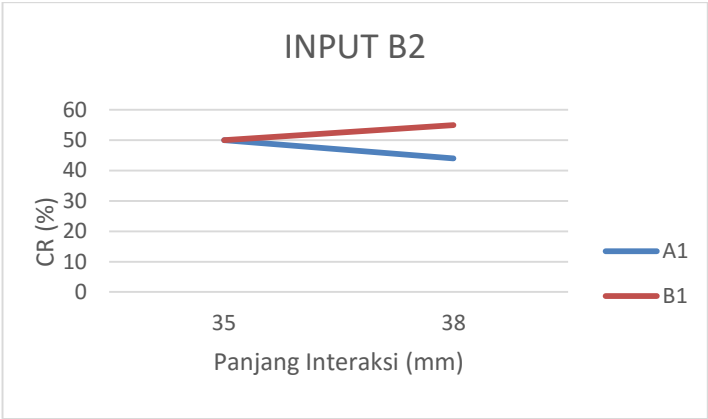


Gambar 4.29 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* A2 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik sejajar





Gambar 4.30 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* B1 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik sejajar



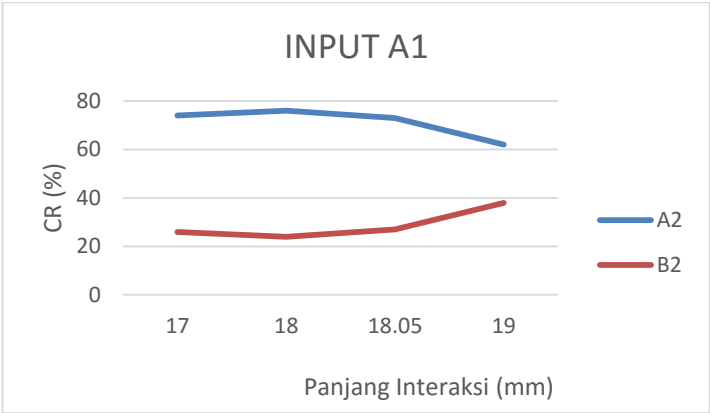
Gambar 4.31 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 1 dengan *port input* B2 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik sejajar

Sedangkan hasil perhitungan nilai ketiga parameter *directional coupler* hasil fabrikasi menggunakan cetakan *pressing 2* ditunjukkan pada Tabel 4.6.

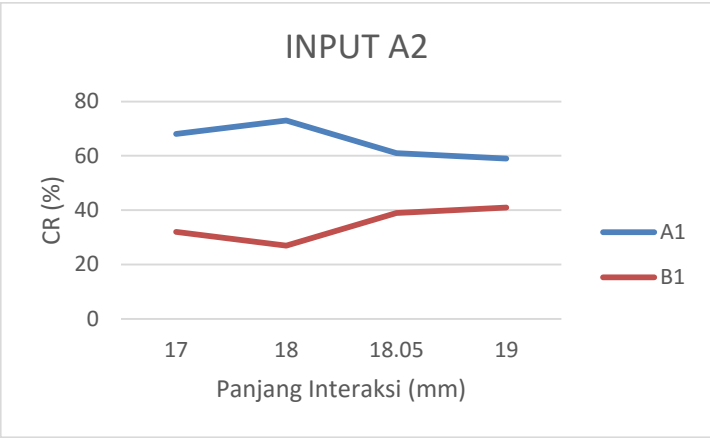
**Tabel 4.6 Karakterisasi *directional coupler* cetakan *pressing 2***

No	Beban Penekan dan Suhu <i>hot plate</i>	Panjang interaksi	Input	CR%	Lins (dB)	Le (dB)
1.	74.21 gr dan 200°C	17mm	A1	74 : 26	-4.1 : -8.6	-2.8
			B1	34 : 66	-7.3 : -4.3	-2.6
			A2	68 : 32	-4.1 : -7.4	-2.5
			B2	28 : 72	-8.4 : -4.3	-2.9
2.	122.78gr dan 200°C	18mm	A1	76 : 24	-4.6 : -9.6	-3.4
			B1	25 : 75	-8.9 : -4.2	-3
			A2	73 : 27	-4.5 : -8.8	-3.1
			B2	23 : 77	-9.4 : -4.2	-3.1
3.	222.51gr dan 200°C	18,5mm	A1	73 : 27	-2.5 : -6.8	-1.2
			B1	32 : 68	-6.6 : -3.3	-1.7
			A2	61 : 39	-4.3 : -5.4	-1.4
			B2	33 : 67	-7.6 : -4.4	-2.7
4.	322.14gr dan 200°C	19mm	A1	62 : 38	-3 : -5.1	-0.9
			B1	43 : 57	-4.8 : -3.4	-1
			A2	59 : 41	-3.2 : -4.9	-0.9
			B2	39 : 61	-5 : -3.1	-0.9

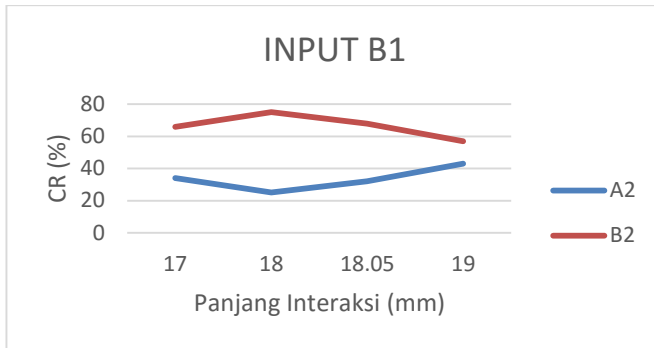
Dari data dalam Tabel 4.6, selanjutnya diplot grafik hubungan antara panjang interaksi terhadap *coupling ratio* (CR). Untuk hasil fabrikasi *directional coupler* menggunakan cetakan *pressing 2* dengan serat optik susunan sejajar pada suhu *hot plate* 200°C ditunjukkan pada Gambar 4.32-4.35.



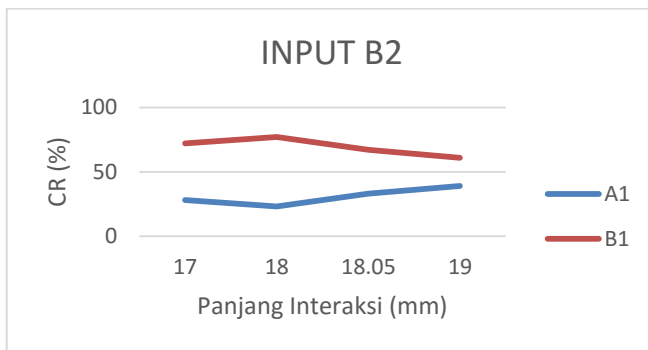
Gambar 4.32 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 2 dengan *port input* A1 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik sejajar



Gambar 4.33 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing* 2 dengan *port input* A2 pada suhu *hot plate* 200°C susunan serat optik sejajar



Gambar 4.34 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing 2* dengan *port input B1* pada suhu *hot plate 200°C* susunan serat optik sejajar



Gambar 4.35 Grafik hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* hasil cetakan *pressing 2* dengan *port input B2* pada suhu *hot plate 200°C* susunan serat optik sejajar

### 4.3 Pembahasan

Pembahasan terhadap data fabrikasi dan hasil karakterisasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 berbahan dua buah serat optik yang digandengkan dengan menggunakan metode *heating* dan *pressing* dipaparkan sebagai berikut:

#### 4.3.1 Hubungan suhu dalam cetakan *pressing* terhadap panjang interaksi *directional coupler*

Hal utama yang diperoleh dari data fabrikasi *directional coupler* menggunakan cetakan *pressing* 1 dalam Tabel 4.1 adalah hubungan antara suhu dalam cetakan terhadap panjang interaksi yang dihasilkan. Untuk maksud ini proses penggandengan kedua serat optik dilakukan menggunakan beban yang sama yakni 17.41 gr. Uji linearitas antar kedua parameter suhu dalam cetakan *pressing* 1 terhadap panjang interaksi *directional coupler* melalui proses regresi linier sebagaimana ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 4.1 memberikan nilai konfiden regresi ( $R^2$ ) yang mendekati 0. Nilai  $R^2$  yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa panjang interaksi *directional coupler* hasil fabrikasi cetakan *pressing* 1 tidak berbanding lurus terhadap suhu dalam cetakan. Untuk meyakinkan bahwa hubungan kedua parameter tersebut tidak berbanding lurus selanjutnya dilakukan regresi menggunakan model polinomial yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Melalui proses regresi lanjutan ini, nilai konfiden  $R^2$  mendekati 1 yang menandakan bahwa hasil regresi tersebut terpercaya baru diperoleh pada penggunaan polinomial orde 5. Ketidaklinieran hubungan parameter suhu cetakan *pressing* 1 terhadap panjang interaksi tersebut disebabkan oleh variasi waktu penekanan di kisaran 10-15 menit. Karena waktu penekanan kurang dari 10 menit kedua serat optik belum tergandeng. Sebaliknya waktu penekanan pada proses penggandengan serat optik dengan cetakan *pressing* 2 adalah lebih cepat yakni dengan hanya dalam waktu sekitar 5 menit kedua serat optik telah tergandeng. Oleh karena waktu penekanan dilakukan dengan waktu yang sama, maka uji linearitas untuk cetakan *pressing* 2 dilakukan untuk mengetahui pengaruh beban penekan kedua serat optik terhadap panjang interaksi *directional coupler* yang dihasilkan. Sebagaimana terlihat pada grafik Gambar 4.14. Proses regresi menggunakan model garis lurus memberikan nilai konfiden regresi  $R^2$  yang mendekati 1. Untuk membuktikan hubungan berbanding lurus antara beban penekan terhadap panjang interaksi *directional coupler* tersebut diketahui dari nilai  $R^2$  hasil

regresi menggunakan model polinomial pada Gambar 4.15, dimana hanya dengan menggunakan polinomial orde 2 saja telah memberikan nilai konfidensi regresi yang sama-sama mendekati 1.

#### 4.3.2 Hubungan panjang interaksi terhadap *coupling ratio* (CR)

Dari data karakterisasi hasil fabrikasi pada cetakan *pressing* 1 pada Tabel 4.5 dengan suhu *hot plate* dan variasi lama waktu penekanan menghasilkan panjang interaksi yang berbeda. Panjang interaksi merupakan panjang dari dua *directional coupler* yang tergandeng. Gambar 4.20-4.23 merupakan grafik hubungan panjang interaksi dan *coupling ratio* hasil karakterisasi pada suhu *hot plate* 200°C dengan susunan serat optik saling membelakangi. Tampak bahwa daya keluaran terbesar berada pada keluaran pandu gelombang itu sendiri. Gambar 4.24-4.27 merupakan grafik hubungan panjang interaksi dan *coupling ratio* hasil karakterisasi pada suhu *hot plate* 250°C dengan susunan serat optik saling membelakangi. Tampak bahwa daya keluaran terbesar pada masing-masing port berbeda. Pada Gambar 4.24 dengan *input* A1, saat panjang interaksi 35mm daya keluaran terbesar pada pandu gelombang sendiri yaitu *output* A2 namun saat panjang interaksi 38mm, daya keluaran terbesar pada pandu gelombang sebelah lainnya yaitu *output* B2. Pada Gambar 4.25 dengan *input* A2 daya keluaran terbesar berada pada keluaran pandu gelombang sendiri. Pada Gambar 4.26 dengan *input* B1, saat panjang interaksi 35mm daya keluaran terbesar berada pada *output* B2, namun pada panjang interaksi 38mm daya keluaran terbesar berada pada pandu gelombang sebelah lainnya yaitu pada *output* A2. Pada Gambar 4.27 saat panjang interaksi 35mm, dengan *input* B2 daya keluaran terbesar berada pada pandu gelombang sendiri (*output* B1) namun pada panjang interaksi 38mm daya keluaran terbesar pada pandu gelombang sebelah lainnya yaitu pada pandu gelombang sebelah lainnya (*output* A1). Gambar 4.28-4.31 merupakan grafik hubungan

panjang interaksi dan *coupling ratio* hasil karakterisasi pada suhu *hot plate* 200°C dengan serat optik susunan sejajar. Pada gambar 4.28 dengan *input* A1, daya keluaran terbesar pada tiap panjang interaksi sama yaitu pada pandu gelombang sendiri (*output* A2). Berbeda pada Gambar 4.29 saat *input* A2 panjang interaksi 35mm daya keluaran terbesar berada pada pandu gelombang sendiri (*output* A1) namun pada panjang interaksi 38mm daya keluaran terbesar berada pada pandu gelombang sebelahnyanya (*output* B2). Hal serupa terjadi pada Gambar 4.30, saat *input* B1 panjang interaksi 35m daya keluaran terbesar berada pada pandu gelombang sebelahnyanya (*output* A2), sedangkan pada panjang interaksi 38mm daya keluaran terbesar pada pandu gelombang sendiri (*output* B2). Pada Gambar 4.31, saat *input* B2 daya keluaran terbesar pada tiap panjang interaksi sama yaitu pada pandu gelombang sendiri (*output* A1). Adapun dari data hasil fabrikasi menggunakan cetakan *pressing* 2 pada Tabel 4.6, dengan suhu *hot plate* 200°C dan variasi beban penekanan menghasilkan panjang interaksi yang berbeda. Pada Gambar 4.32-4.35 daya keluaran terbesar berada pada pandu gelombang sendiri.

Analisis terhadap nilai *coupling ratio* (CR) yang menunjukkan tingkat keterdistribusian cahaya pada kedua port keluaran *directional coupler* merujuk pada teori moda terkopel sebagaimana dijelaskan pada subab 2.4. Cahaya yang dimasukkan pada pandu gelombang pertama selain terpandu ada sebagian yang ter-*evanescent* menuju ke pandu gelombang sebelahnyanya atau pandu gelombang kedua. Pandu gelombang *evanescent* selain terpandu pada pandu gelombang kedua sebagian ter-*evanescent* kembali menuju pandu gelombang pertama. Hal ini berarti pada masing masing pandu gelombang terjadi interferensi antara cahaya terpandu dan cahaya *evanescent* dari pandu gelombang sebelahnyanya. Interferensi tersebut bervariasi sebagai fungsi jarak rambatan. Jika pada pandu gelombang kedua terjadi interferensi saling menguatkan maka cahaya yang masuk dari pandu gelombang pertama seluruhnya akan berpindah ke pandu gelombang kedua. Jarak perpindahan cahaya seluruhnya dari

pandu gelombang pertama ke pandu gelombang kedua dinamakan panjang coupling. Setelah melewati satu panjang *coupling*, proses pemanduan cahaya pada pandu gelombang kedua bertindak sebagaimana halnya cahaya yang terpandu pada masukan pandu gelombang pertama. Selain sebagian cahaya terpandu pada pandu gelombang kedua tersebut sebagian lagi ter-*evanescent* ke pandu gelombang pertama. Sehingga pada jarak satu panjang coupling berikutnya cahaya dari keluaran pandu gelombang kedua tersebut akan seluruhnya berpindah pada pandu gelombang pertama. Penjelasan ini menunjukkan bahwa tingkat keinterferensian cahaya terpandu dan cahaya *evanescent* pada pandu gelombang tersebut tidak menguatkan 100% melainkan bersifat proposional. Tingkat keinterferensian yang proposional tersebut sangat menentukan fungsi *directional coupler* sebagai piranti pembagi berkas cahaya.

#### **4.3.3 Hubungan intensitas cahaya masukan, keluaran dan balikan**

Merujuk data hasil karakterisasi *directional coupler* menggunakan cetakan *pressing* 1 dan cetakan *pressing* 2 yang masing-masing ditunjukkan dalam Tabel 4.3 dan Tabel 4.4, jumlahan dari daya cahaya pada kedua port keluaran dan daya cahaya balikan (sebagaimana tergambar pada Gambar 2.10) didapatkan lebih kecil dari daya cahaya masukan. Hal ini dimungkinkan oleh adanya rugi-rugi cahaya yang tidak saja karena proses serapan oleh medium inti (*core*) serat optik, tetapi juga oleh hamburan pada bengkokan serat optik. Proses serapan cahaya dimungkinkan pula terjadi karena ketidaksempurnaan struktur gandingan selama proses pemanasan seperti tampak pada Gambar 4.3 – Gambar 4.11. Pada proses pemanasan tersebut, semakin tinggi suhu *hot plate* dan waktu penekanan yang semakin lama menyebabkan struktur serat optik menjadi terkikis dan akhirnya patah. Data perbandingan (rasio) antara daya cahaya keluaran tiap port terhadap daya cahaya masukan *directional coupler* dalam



kedua Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 tersebut sangat berguna untuk perhitungan dan analisa *coupling ratio* dan *loss directional coupler*. Perbedaan nilai nilai daya tersebut salah satunya dimungkinkan disebabkan oleh ketidaksimetrisan baik di daerah sepanjang kupasan pada saat proses pengupasan maupun di ujung pengupasan antara kedua serat optik pada saat dilakukan proses penggandengan. Ketidaksimetrisan struktur permukaan serat optik ini terlihat dari hasil pengupasan yang tidak rata, ketebalan kupasan yang berbeda, serta panjang kupasan yang tidak sama untuk tiap serat optik yang digandeng.

Rugi cahaya dimungkinkan pula terjadi karena kebocoran cahaya di sepanjang panjang interaksi *directional coupler*, yakni daerah kupasan kedua serat optik yang tergandeng. Bagian kulit (*cladding*) serat optik yang dikupas (dihilangkan) akan tergantikan oleh udara. Tergantinya *cladding* ini menyebabkan berubahnya nilai sudut kritis pada daerah kupasan. Berubahnya normal bidang permukaan menyebabkan besar sudut datang cahaya terhadap normal bidang berubah sehingga terdapat cahaya yang datang lebih kecil dari pada sudut kritisnya. Akibatnya cahaya yang datang lebih kecil dari sudut kritisnya akan dibiaskan keluar medium core menuju udara sehingga terjadi kebocoran cahaya. Menurut teori perambatan moda gelombang optik, kebocoran cahaya ini dimungkinkan terjadi karena cahaya pada moda orde tinggi pada serat optik yang satu berpindah ke serat optik lainnya, sedangkan moda orde rendah tetap terpandu pada serat optik awal. Proses pemindahan daya gelombang optik ini merujuk pada teori moda terkopel yang telah dijelaskan dalam subbab 2.4. Kebocoran gelombang semakin besar apabila melewati daerah bengkokan (*bending*) sehingga daya gelombang optik yang dipindahkan ke serat optik lainnya lebih besar. Kebocoran cahaya juga bertambah besar seiring dengan bertambahnya panjang kupasan, dengan kata lain rugi daya semakin besar pada saat panjang kupasan semakin besar.

#### 4.3.4 Coupling ratio (CR), Insertion Loss ( $L_{ins}$ ), Excess loss ( $L_e$ )

Telah dijelaskan bahwa *directional coupler* dikarakterisi oleh tiga parameter utama, yaitu *coupling ratio* (CR), *insertion loss* ( $L_{ins}$ ), dan *excess loss* ( $L_e$ ) yang masing-masing definisinya telah diberikan dalam subbab 2.4. Perhitungan ketiga parameter *directional coupler* tersebut juga merujuk pada penjalaran cahaya di dalam *directional coupler* pada Gambar 2.10, yang diperinci pada penjelasan karakterisasi *directional coupler* dalam subbab 4.2.1. Hasil perhitungan ketiga parameter *directional coupler* hasil fabrikasi dengan cetakan *pressing* 1 dan cetakan *pressing* 2 berturut-turut ditunjukkan dalam Tabel 4.5 dan Tabel 4.6. Terlepas dari masih relatif besarnya nilai excess loss ( $L_e$ ) dari *directional-coupler* hasil fabrikasi kedua cetakan *pressing*, namun dari data perhitungan nilai *coupling ratio* (CR) diperoleh karakteristik *directional coupler* terutama untuk fungsinya sebagai pembagi berkas (*beam splitter*) sebagaimana manfaat yang diharapkan dari penelitian dalam Tugas Akhir ini. Merujuk pada data hasil perhitungan CR dan  $L_{ins}$  *directional coupler* hasil fabrikasi cetakan *pressing* 1 dalam Tabel 4.5, beberapa kombinasi masukan dan keluar cahaya pada seluruh *directional coupler* menunjukkan fungsinya sebagai pembagi berkas mendekati proporsi 50% : 50% atau proporsi 1/2:1/2. Sedangkan data perhitungan untuk *directional coupler* hasil fabrikasi menggunakan cetakan *pressing* 2 sebagaimana dalam Tabel 4.6, menunjukkan bahwa fungsi *directional coupler* sebagai pembagi berkas masih bergantung pada parameter fabrikasinya terutama beban penekanan. Untuk *directional coupler* No 2 yang difabrikasi menggunakan beban penekan 122.78 gr dapat berfungsi sebagai *beam splitter* dengan proporsi mendekati 75%:25% atau 2/3: 1/3. Data perhitungan juga menunjukkan bahwa proporsi daya berkas untuk fungsi *beam splitter* bergantung pada beban penekanan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 dari serat optik mode jamak dengan menggunakan metode *heating and pressing* sangat tergantung pada bahan cetakan yang digunakan. Proses penggandengan serat optik menggunakan cetakan *pressing* yang terbuat dari aluminium adalah lebih cepat dibanding cetakan *pressing* yang terbuat dari baja.
2. Cetakan *pressing* yang terbuat dari aluminium menghasilkan hubungan linier antara panjang interaksi *directional coupler* terhadap parameter fabrikasinya, sebaliknya cetakan *pressing* dari baja menghasilkan hubungan taklinier.
3. Rugi-rugi cahaya pada *directional coupler* hasil fabrikasi dengan metode *heating and pressing* masih relatif besar. Penyebab utamanya adalah faktor kebocoran cahaya di sepanjang daerah kupasan dan bengkokan serat optik.
4. Cetakan *pressing* yang terbuat dari baja memberikan proporsi cahaya keluaran *directional coupler* yang berfungsi sebagai pembagi berkas dengan proporsi di kisaran 50%:50%. Sedangkan fungsi *directional coupler* sebagai *beam splitter* hasil fabrikasi menggunakan cetakan *pressing* yang terbuat dari aluminium sangat tergantung pada parameter fabrikasinya terutama beban penekanan.

#### **5.2 Saran**

Dari penelitian Tugas Akhir ini disarankan :

1. Sebelum proses penggandengan perlu dipastikan kulit atau cladding sudah benar benar hilang dengan menggunakan *Stereo Microscope*.
2. Melapiskan resin sebagai substrat pengganti kulit (*cladding*) untuk mengurangi kebocoran cahaya pada daerah panjang kupasan dan bengkokan serat optik.

3. Sebelum melakukan fabrikasi sebaiknya dilakukan perhitungan Panjang *Coupling* ( $L_c$ ) terlebih dahulu, sehingga dapat diketahui jarak perpindahan daya total dari pandu gelombang letak cahaya dimasukkan menuju pandu gelombang sebaliknya.
4. Dilakukan variasi panjang cetakan dengan rentang yang cukup (misal : 20mm, 30mm, 40mm) agar dapat mengetahui pada panjang interaksi berapa dapat membagi berkas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abramczyk, 2008. **Fundamentals of Optical Fiber Transmission**. Berlin: Technical University of Lodz
- Crisp, J., 2001. **Introduction to Fiber Optics 2nd Edition**. Oxford : Jordan Hill.
- Fernando, X., 2007. Adroit Group, Lecture handout :WDM Concept and Component, Ryerson University.
- Haider,dkk.,2011 **Design and Simulation of a Low Loss Optical Fiber Coupler**. International Journal of Electronics and Communication Engineering. Vol4 No.5 University of Chittagong, Bangladesh
- Hariyanto, E., 2011. **Aplikasi Directional Coupler Serat Optik Mode Jamak Sebagai Sensor Getaran Berbasis Modulasi Intensitas**. Thesis, Fisika FMIPA, institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Hoss, R.J., 1993, **Fiber Optics 2nd Edition**. New Jersey : Prentice-Hall.
- Hunsperger, R.G., 1985, **Integreted Optic :Theory abd Tchnology**, Springer -Verlag, New York.
- Januar, Rachmad., 2016. **Fabrikasi Dan Karakterisasi Directional Coupler Konfigurasi 4x4 Pada Bahan Serat Optik Plastik Step Index Multimode Tipe FD-620-10**. Tugas Akhir, Fisika FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Keiser, Gerd. 1991. **Optical Fiber Communication 2nd Edition**. New York : McGraw-Hill.
- Krohn, D.A., 2000. **Fiber Optik Sensor, Fundamental and Aplication**,3rd,ISA, New York.

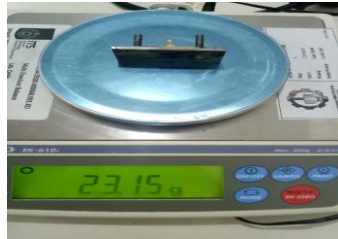
- Leno, Frank, 1993, **Introduction to Optics**, 2<sup>nd</sup> edition, Prentice-Hall, United States America.
- Maulana, A., 2017. **Fabrikasi Dan Karakterisasi Directional Coupler Konfigurasi 6×6 Pada Bahan Serat Optik Plastik Multimode Step Index Fd-620-10**. Tugas Akhir, Fisika FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nuraini, E., 2016. **Studi Awal Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler Konfigurasi 4x4 Serat Optik Plastik Step Index Multimode Tipe FD-620-10 Menggunakan Metode *Heating And Pressing***. Tugas Akhir, Fisika FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Powers, John., 1997. **An introduction To Fiber Optic System 2<sup>nd</sup> edition**. New York: McGraw-Hill.
- Saleh, B.H.A., Teich, M.C., 1991. **Fundamental of Photonics**, John Wiley & Sons, Inc.
- Samian., 2008. **Directional Coupler Sebagai sensor Pergeseran Mikro**, Thesis Fisika FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Suematzu, Y., Iga, K., 1982. **Introduction to Optical Fiber Communication**, John Willey & Sons, Inc.
- Supadi, dkk. 2006. **Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler Sebagai Devais Pembagi Daya**. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya, Vol2 No.1 Surabaya
- Tamir, T., 1990. **Guide-Wave Optoelectronics**, 2ed, Springer-Verlag, New York.
- Widodo. 1995. **Optoelektronika**. Yogyakarta: Penerbit Andi

## LAMPIRAN

### A. Variasi beban penekan yang digunakan pada cetakan *pressing* 1 dan cetakan *pressing* 2



Beban penekan pada cetakan *pressing* 1 sebesar 17,81 gr



Beban penekan pada cetakan *pressing* 2 sebesar 23,15 gr



Beban penekan pada cetakan *pressing* 2 sebesar 122,78g



Beban penekan pada cetakan *pressing* 2 sebesar 222,51 gr



Beban penekan pada cetakan *pressing* 2 sebesar 322.14 gr

**B. Hasil fabrikasi *directional coupler* cetakan *pressing* 1 dengan beban 17,81gr yang diberi sinar**



200°C 10 menit tanpa aluminium foil dan pita kawat



200°C 10 menit dengan aluminium foil dan pita kawat



200°C 15 menit dengan aluminium foil dan pita kawat



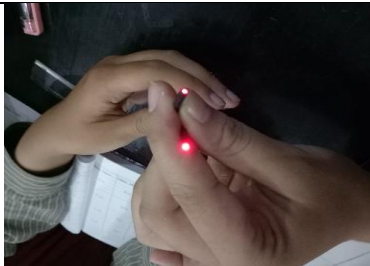
250°C 10 menit dengan aluminium foil dan pita kawat



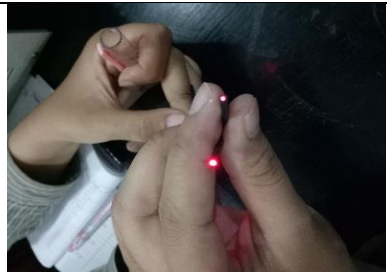


**C. Hasil fabrikasi directional coupler cetakan *pressing* 2 dengan variasi beban yang diberi sinar**



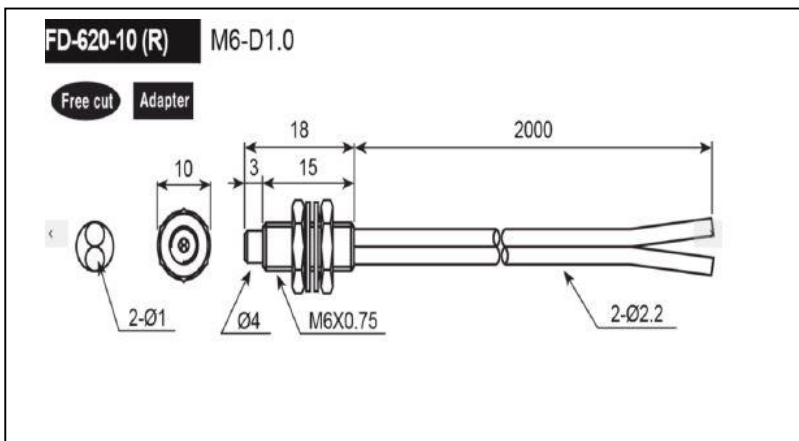


200°C 5 menit dengan beban  
222,51 gr




200°C 5 menit dengan beban  
322,14 gr

#### D. Data Sheet FD-620-10



## E. Data Sheet BF5R-D1-N

### ■ Specifications

Display type	Dual Display type			Single Display type	
Model	NPN open collector output	BF5R-D1-N	BF5G-D1-N	BF5B-D1-N	BF5R-S1-N
	PNP open collector output	BF5R-D1-P	BF5G-D1-P	BF5B-D1-P	BF5R-S1-P
Light source	Red LED (660nm, modulated)	Green LED (530nm, modulated)	Blue LED (470nm, modulated)	Red LED (660nm, modulated)	
Power supply	12-24VDC±10%				
Current consumption	Max. 50mA				
Operation mode	Light ON / Dark ON Selectable				
Control output	NPN or PNP open collector ●Load voltage: Max. 24VDC ●Load current: Max. 100mA ●Residual voltage - NPN:Max. 1V, PNP:Max. 3V				
Protection circuit	Reverse polarity protection, overcurrent protection, surge absorption				
Response time	Ultra Fast : 50μs(only for dual display type), Fast : 150μs, STD : 500μs, Long : 4ms				
Display method	●Incident light level: Red, 4digit, 7Segment ●SV : Green, 4digit, 7Segment ●Main output indicator : Red LED			●Incident light level / SV : Red, 4digit, 7Segment ●Main output indicator : Red LED	
Display function	Incident light level / SV display [4,000/10,000 resolution], Normal / Reversed display (only for dual display type)			Percentage display, High/Low peak value display,	
Sensitivity setting	Manual sensitivity setting, teaching sensitivity setting (Auto tuning, 1 point, 2 point teaching, positioning teaching)			Manual sensitivity setting, teaching sensitivity setting (auto tuning)	
Mutual interference prevention	Max. 8 unit sets (Automatically set regardless of response time)				
Initializing	Initializing to factory mode			—	
Energy saving	Normal / Energy saving 1 / Energy saving 2			—	
Timer	OFF, OFF Delay, ON Delay, One-shot			OFF, 10ms OFF Delay timer, 40ms OFF Delay timer	
Insulation resistance	Min. 20MΩ(at 500VDC megger)				
Dielectric strength	1,000VAC 50/60Hz for 1 min.				
Vibration	1.5mm amplitude or 300m/s <sup>2</sup> at frequency of 10 to 55Hz(for 1 min.) in each X, Y, Z directions for 2 hours				
Shock	500m/s <sup>2</sup> (approx. 50G) in each X, Y, Z directions for 3 times				
Environment	Ambient illumination	Incandescent lamp : Max. 3000lx Sunlight : Max. 11000lx (received illumination)			
	Ambient temperature	-10 to 50°C, storage: -20 to 70°C			
	Ambient humidity	35 to 85%RH, storage: 35 to 85%RH			
Protection	IP40(IEC standards)				
Material	Case : PBT, Cover : PC				
Fiber cable					
Tightening torque	Min. 2kgf				
Accessory	Connector type wire(Ø4, 3-wire, length: 2m) (AWG22, Core diameter: 0.08mm, Number of cores: 60, Insulator out diameter: Ø1.25), Side connector				
Approval					
Unit weight	Approx. 20g				

※The temperature or humidity mentioned in Environment indicates a non freezing or condensation environment.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Astrid Denaya Lesa yang berasal dari kota Surabaya yang lahir pada tanggal 29-Juli-1995 merupakan anak pertama dari dua bersaudara dan telah menempuh pendidikan formal di SDN Keputih Negeri 245 Surabaya, SMP Negeri 30 Surabaya, SMA Negeri Surabaya. Penulis diterima di jurusan Fisika Fakultas Ilmu Alam ITS Surabaya pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN dengan NRP 01111340000092. Selama menjadi mahasiswa penulis sempat menjadi asisten laboratorium untuk fisika laboratorium bidang Optoelektronika. Akhir kata apabila ada kritik dan saran bisa langsung kontak penulis dengan cara mengirimkan email ke Adenayalesa@ gmail.com.